

Н. В. КОЛПАКОВА

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРОДСКИХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Учебно-методическое пособие



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА

Н. В. Колпакова

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРОДСКИХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Учебно-методическое пособие

Рекомендовано методическим советом УрФУ
для студентов, обучающихся по программе бакалавриата
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2017

УДК 629.063:2(07)
ББК 38.763я7
К 615

Рецензенты:

кафедра энергетики Уральского государственного
лесотехнического университета
(заведующий кафедрой доктор технических наук,
профессор С. М. Шанчуров);

Т. С. Жилина, кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция»,
М. Н. Чекардовский, доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»
(Тюменский индустриальный университет)

Колпакова, Н. В.

К 615 Проектирование городских систем газоснабжения : учеб.-метод. пособие / Н. В. Колпакова ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 68 с.

ISBN 978-5-7996-2190-2

В учебно-методическом пособии изложена методика расчета количества расходуемого газа в различные времена года с определением максимальных нагрузок, даны основы конструирования, приведен гидравлический расчет систем газоснабжения низкого и высокого давлений по кольцевой и тупиковой схемам, показан подбор оборудования газорегуляторного пункта.

Для студентов, изучающих дисциплину «Газоснабжение» в рамках модуля «Теплогазоснабжение».

УДК 629.063:2(07)
ББК 38.763я7

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	7
2. РАСЧЕТ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО КВАРТАЛА	9
2.1. Определение годового расхода теплоты и часового расхода газа каждого квартала города при потреблении газа в квартирах	10
2.2. Построение графиков бытового газопотребления	13
3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДИАМЕТРОВ КОЛЬЦЕВОГО ГАЗОПРОВОДА	17
3.1. Выбор схемы распределительного газопровода низкого давления	18
3.2. Определение оптимального числа ГРП	18
3.3. Расчет кольцевой сети низкого давления газа	20
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ГАЗА НА КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫЕ НУЖДЫ	34
5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	37
6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВНУТРЕННЕГО И НАРУЖНОГО ГАЗОПРОВОДА	40
6.1. Проектирование и расчет внутреннего газопровода	40
6.2. Проектирование и расчет наружного газопровода	45
7. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ГАЗОРЕГУЛЯТОРНОГО ПУНКТА	48
7.1. Выбор регулятора давления газа	48
7.2. Выбор газового фильтра	51
7.3. Выбор предохранительно-запорного клапана	52
7.4. Выбор предохранительно-сбросного клапана	52
Рекомендуемая нормативная документация	54

ПРИЛОЖЕНИЯ	55
<i>Приложение 1. Номограмма для определения потерь давления</i>	57
<i>Приложение 2. Номограмма для расчета газопроводов среднего и высокого давления</i>	58
<i>Приложение 3. План квартала жилого района г. Оренбурга</i>	60
<i>Приложение 4. Схема газопровода низкого давления г. Оренбурга</i>	61
<i>Приложение 5. Схема газопровода высокого давления</i>	62
<i>Приложение 6. План первого этажа</i>	63
<i>Приложение 7. Аксонометрическая схема внутреннего газопровода</i>	64
<i>Приложение 8. Схема наружного газопровода</i>	65
<i>Приложение 9. Типовая схема ГРПШ 13-2НУ1</i>	66

Предисловие

Целями выполнения курсового проекта по дисциплине «Газоснабжение» являются: расчет газопотребления жилого квартала; выбор схемы газоснабжения; гидравлические расчеты — внутриквартальной кольцевой газовой сети низкого давления, тупиковых газопроводов высокого давления, внутренних и наружных тупиковых газопроводов низкого давления; подбор оборудования газорегуляторных пунктов, а также усвоение теоретического материала и приобретение навыков проектирования газовых сетей и газопользующего оборудования.

На сегодняшний день существует несколько алгоритмов гидравлического расчета и подбора оборудования систем газоснабжения. В данном пособии был выбран наиболее оптимальный вариант расчета систем газоснабжения. Цель выбранного варианта — научить студентов основам проектирования систем газоснабжения.

Основная задача гидравлического расчета — выбор оптимальных диаметров трубопроводов. Расчеты ведутся при условии максимальных нагрузок с учетом работы всех газопотребляющих приборов.

Проектирование систем газоснабжения городов представляет отрасль проектного дела, примыкающую, с одной стороны, к проектированию источников газоснабжения (газовые и нефтяные промыслы, газовые заводы, предприятия, вырабатывающие горючий газ в виде попутного продукта), а с другой — к проектированию городских систем теплоснабжения, водоснабжения и канализации.

Для проектирования системы газоснабжения города необходимы данные о годовом потреблении газа различными потребителями. Расчет годового потребления проводят согласно нормативной документации.

При проектировании системы газоснабжения разрабатывают ряд вариантов и производят их технико-экономическое сравнение. Для строительства применяют наивыгоднейший вариант. Двух-, трех- и многоступенчатые системы газоснабжения с газорегуляторными пунктами, располагаемыми в отапливаемых отдельно стоящих зданиях, с газопроводами нескольких ступеней давлений являются наиболее разработанными, распространенными, классическими городскими системами. Для средних и небольших городов обычно принимают двухступенчатую систему с газопроводами высокого (до 0,6 МПа) и низкого давлений. В первом случае высокое давление заменяют средним только частично: в центральной, наиболее плотно застроенной и населенной части города. Высокое давление применяют только для крупных городов и в областных системах.

Системы газоснабжения любых объектов должны обеспечивать надежность и бесперебойность подачи газа. Основы повышения надежности закладываются на этапе проектирования системы газоснабжения, а дальнейшее повышение надежности достигается при строительстве и приемке в эксплуатацию подземных газопроводов и сооружений на них.

Хочу выразить благодарность за помощь в работе над пособием студентке IV курса, гр. СТ-430701, Юровских Елизавете Дмитриевне.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Исходные данные для выполнения курсового проекта определяются преподавателем и выдаются студенту в виде индивидуального задания, в котором представлены генплан города в М 1 : 10 000, необходимые параметры для гидравлических расчетов и выбора оборудования газорегуляторных пунктов (ГРП) и установок (ГРУ) (схему генплана см. в Приложении 3). На генплане указана средняя этажность застройки кварталов, коммунально-бытовые и промышленные потребители.

Плотность населения в кварталах принимаем 80–100 чел./га. Необходимые параметры для гидравлического расчета газопровода включают в себя: плотность населения (в среднем 70–120 чел./га, без учета этажности квартала); долю населения, в %, пользующуюся кафе и ресторанами, банями, прачечными; расход газа на промышленные предприятия; мощность котлов в котельной; расстояние, на котором находится существующий магистральный газопровод высокого или среднего давления; давление газа в точке врезки в существующий газопровод среднего или высокого давления; допустимый перепад давления в сети низкого давления; выходное давление на ГРП (ГРУ); давление в нулевой точке на схемах кольцевых газопроводов.

В данном курсовом проекте предполагается использование природного газа северных месторождений, состав и характеристики которого представлены при нормальных физических условиях в табл. 1.1 ($t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $p = 760\text{ мм рт. ст.} = 0,1013\text{ МПа}$).

Таблица 1.1

Состав и характеристики природного газа

Состав газа (по объему), %								Плотность, ρ , кг/м ³	Теплота сгорания низшая, Q_n^p , МДж/м ³
CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	CO ₂	N ₂ + редкие	H ₂ S		
97,87	0,50	0,28	0,07	0,01	0,03	1,18	Нет	0,73	33÷36

Пример плана квартала жилого района см. в Приложении 3.

2. РАСЧЕТ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО КВАРТАЛА

В данном разделе представлен алгоритм расчета годового расхода теплоты и часового расход газа только на газопотребляющее оборудование жилых домов, без учета расход газа на коммунально-бытовые предприятия.

Алгоритм расчета годового расхода теплоты, по которому определяется годовой и часовой расход газа в жилом секторе квартала крупного города, основан на использовании нормативной документации, которая на сегодняшний день является рекомендуемой к применению при проектировании систем газоснабжения.

В исходных данных, выдаваемых преподавателем, помимо схемы квартала представлены все необходимые данные для расчетов, а именно:

- низшая рабочая теплота сгорания газа;
- плотность населения;
- коэффициент полезного действия теплогенерирующих агрегатов;
- мощность теплогенерирующих агрегатов;
- начальные и конечные давления (высокое — II категории и низкое — IV категории);
- расстояние от магистрального газопровода высокого давления до красной линии застройки квартала;
- количество населения в процентном соотношении от общего числа жителей квартала, которые пользуются услугами предприятий коммунально-бытового назначения;
- расход газа на газопотребляющее оборудование промышленных предприятий.

Годовой расход газа для каждой категории потребителей следует определять на конец расчетного периода с учетом перспективы развития объектов — потребителей газа.

Продолжительность расчетного периода устанавливается на основании плана перспективного развития объектов — потребителей газа, расчеты производятся на основе укрупненных показателей.

2.1. Определение годового расхода теплоты и часового расхода газа каждого квартала города при потреблении газа в квартирах

На основании использования ряда исходных данных производим расчет расхода газа газопотребляющего оборудования в жилых домах.

В первую очередь определяем количество человек (чел.), проживающих в каждом квартале, по следующей формуле:

$$N_{\text{кв}} = F_{\text{кв}} \cdot m \cdot n, \quad (2.1)$$

где $F_{\text{кв}}$ — площадь в га, полученная в результате замеров по плану застройки;

m — плотность населения, чел./га;

n — этажность застройки каждого квартала, принимается по генплану.

Годовой расход теплоты в квартале, МДж/год:

$$Q_{\text{кв}}^{\text{год}} = q_n \cdot N_{\text{кв}}, \quad (2.2)$$

где q_n — нормы расхода теплоты в МДж (тыс. ккал) на 1 человека в год (табл. 2.1).

В связи с тем, что нельзя точно вычислить количество работающих газовых приборов в различное время года или суток, то на основании нормативной документации расчет расхода теплоты,

прямо пропорционально зависящий от норм расхода теплоты на 1 человека в год, производится по максимальным нагрузкам (расходу газа) потребителями.

При расчетах тепловых нагрузок необходимо учитывать суммарное число жителей квартала и тип газопотребляющего оборудования (задается преподавателем), устанавливаемого в каждом микрорайоне (три возможных типа, см. исходные данные и табл. 2.1).

Таблица 2.1

**Нормы расхода теплоты, МДж (тыс. ккал),
на 1 человека в год**

№ п/п	Газопотребляющее оборудование	Нормы расхода теплоты, МДж (тыс. ккал), на 1 чел. в год
1	При наличии в квартире газовой плиты и централизованного горячего водоснабжения при газоснабжении, q_1	4 100 (970)
2	При наличии в квартире газовой плиты и отсутствии централизованного горячего водоснабжения и газового водонагревателя при газоснабжении, q_2	6 000 (1 430)
3	При наличии в квартире газовой плиты и газового водонагревателя (при отсутствии централизованного горячего водоснабжения) при газоснабжении, q_3	10 000 (2 400)

Годовой расход газа каждого квартала, м³/год, определяется по формуле

$$V_{\text{год}} = \frac{Q_{\text{кв}}^{\text{год}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}}, \quad (2.3)$$

где $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ — низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/м³ (см. 2-й лист задания, выданного преподавателем).

После определения годового расхода газа в каждом квартале определяется часовой расход газа, м³/ч:

$$V_{\text{кв}}^{\text{час}} = k_m \cdot V_{\text{кв}}^{\text{год}}, \quad (2.4)$$

где k_m — коэффициент часового максимума; принимается по суммарной численности населения района, и его расчет производится методом интерполяции.

Значения коэффициента часового максимума расхода газа на хозяйственно-бытовые нужды приведены в табл. 2.2.

Расчеты по определению расхода газа на бытовые нужды сводятся в табл. 2.3.

Таблица 2.2

Значения коэффициента часового максимума расхода газа

Число жителей, снабжаемых газом, тыс. чел.	Коэффициент часового максимума расхода газа, k_m
1	1/1 800
2	1/2 000
3	1/2 050
5	1/2 100
10	1/2 200
20	1/2 300
30	1/2 400
40	1/2 500
50	1/2 600
100	1/2 800
300	1/3 000
500	1/3 300
750	1/3 500
1 000	1/3 700
2 000 и более	1/4 700

Таблица 2.3

Расчет газопотребления

№ квар- тала	Площадь построй- ки, F , га	Этаж- ность, n	Численность населения, N , чел.	Расход те- плоты, Q , МДж/год	Годовой расход газа, $V_{\text{год}}$, м ³ /год	k_m	Часовой расход газа, $V_{\text{час}}$, м ³ /ч
			$\sum N$		$\sum V_{\text{год}}$		$\sum V_{\text{час}}$

2.2. Построение графиков бытового газопотребления

Все районные потребители отличаются неравномерностью газопотребления по месяцам, дням недели, часам суток.

Графики бытового газопотребления более наглядно отражают количество расходуемого газа в различное время года, дни недели и часы суток, что очень удобно при проектировании систем газораспределения, планировке добычи топлива, а также при установке оборудования, обслуживающего ГРС, ГРП (ГРУ, ШРП) и др.

Расчет начинаем с определения расхода газа каждого месяца, выбираем месяц, в течение которого расход газа является максимальным, затем производим расчет каждого дня недели этого месяца, выбираем день с максимальным расходом газа и по этому дню рассчитываем часовую нагрузку.

Результаты расчетов сводятся в таблицы и на основании произведенных расчетов строятся графики бытового потребления газа.

В первую очередь необходимо определить расход газа для каждого месяца, м³/мес., который производится по формуле

$$V_n^{\text{мес}} = \frac{\sum V_{\text{год}} \cdot q_n}{100}, \quad (2.5)$$

где q_n — доля данного месяца в общегодовом потреблении газа, %.

Результаты расчета сводятся в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Распределение потребления газа по месяцам

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
q_n	10,9	10,1	10,2	9,6	9	6,7	5,9	5,1	6,4	7,8	8,7	9,6

Пример графика распределения потребления газа по месяцам см. на рис. 2.1.

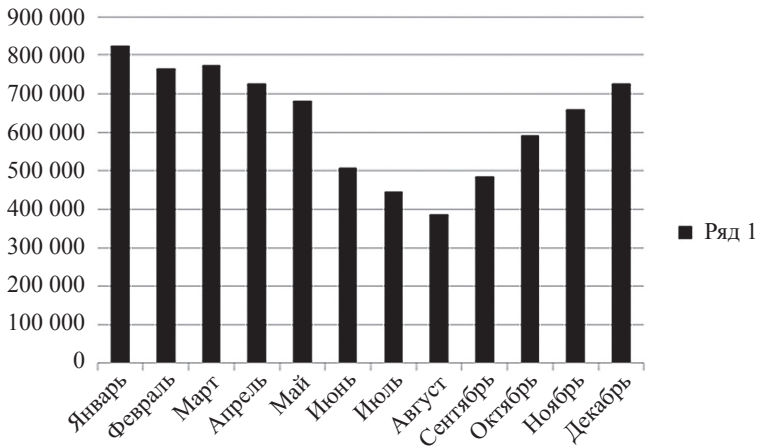


Рис. 2.1. Распределение потребления газа по месяцам

Максимальный расход газа приходится на январь, следовательно, в дальнейшем он используется как расчетный.

Определяем расход газа бытовыми потребителями в январскую неделю, м³/нед.:

$$V_{\text{январь}}^{\text{нед}} = \frac{1,25 \cdot V_{\text{январь}}}{4}. \quad (2.6)$$

Затем производим расчет расхода газа на каждый день январской недели, м³/мес.:

$$V_n^{\text{дн}} = \frac{V_{\text{январь}}^{\text{нед}} \cdot q_n}{100}, \quad (2.7)$$

где q_n — доля данного дня в недельном потреблении газа, %.

Результаты расчета сводятся в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Распределение потребления газа по дням недели

День недели	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскресенье
q_n	13	13,2	13,3	13,4	15,4	18	13,7

Пример графика распределения потребления газа по дням январской недели см. на рис. 2.2.

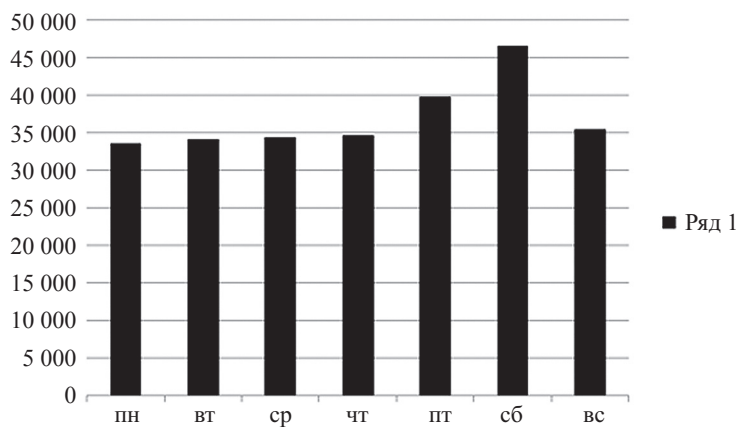


Рис. 2.2. Распределение потребления газа по дням январской недели

Далее производим расчет часового расхода газа по самому нагруженному дню недели, который приходится на субботу. Расчет выполняем следующим образом:

$$V_n^{\text{час}} = \frac{V_n^{\text{дн}} \cdot q_n}{100}, \quad (2.8)$$

где q_n — доля часа в дневном потреблении газа, %.

Результаты расчета сводятся в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Распределение потребления газа по часам суток

Часы суток	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
q_n	1,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,5	3,0	4,4	5,5	6,0	6,0	5,5
Часы суток	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
q_n	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	6,0	6,5	7,0	6,5	5,8	4,3	2,9

Пример графика распределения потребления газа по часам суток субботы см. на рис. 2.3.

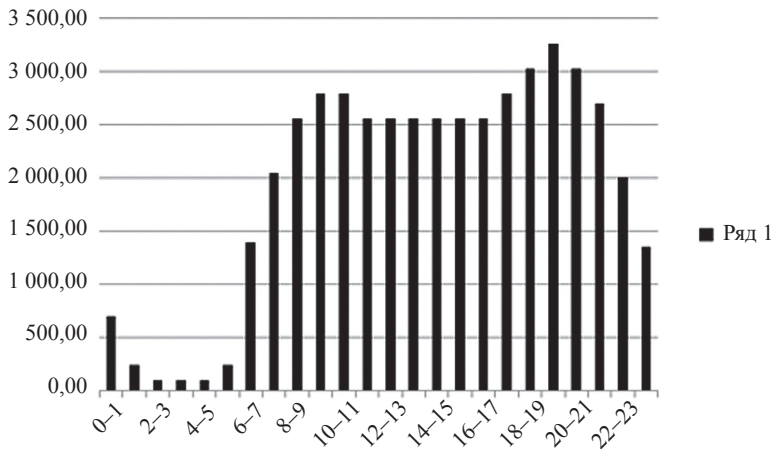


Рис. 2.3. Распределение потребления газа по часам суток субботы

Максимальные нагрузки на графиках необходимо выделить.

3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДИАМЕТРОВ КОЛЬЦЕВОГО ГАЗОПРОВОДА

В системах газоснабжения городов и населенных пунктов чаще всего используют смешанную систему газоснабжения (кольцевая и тупиковая), так как она является наиболее оптимальным решением с точки зрения надежности и экономичности системы.

В третьем разделе представлен гидравлический расчет кольцевого газопровода низкого давления каждого квартала.

Алгоритм расчета кольцевого газопровода низкого давления (осуществляется в два этапа):

1. Расчет часовых расходов газа каждого квартала.
2. Выбор оптимальных диаметров каждого участка кольцевого газопровода на основании расходов газа каждого квартала и потерь давления.

Пропускная способность газопроводов может приниматься из условий создания при максимально допустимых потерях давления газа наиболее экономичной и надежной в эксплуатации системы, обеспечивающей устойчивость работы ГРП (ГРУ), а также работы газогорелочных устройств потребителей в допустимых диапазонах давлений.

Расчетные внутренние диаметры газопроводов определяются исходя из условия обеспечения бесперебойного газоснабжения всех потребителей в часы максимального потребления газа.

Гидравлический расчет в курсовом проекте следует производить по приведенным ниже формулам и по номограмме низкого давления (см. Приложение 1).

3.1. Выбор схемы распределительного газопровода низкого давления

Распределительный газопровод — это газопровод газораспределительной сети, обеспечивающий подачу газа от источника газоснабжения до газопроводов-вводов к потребителям газа.

Перед началом расчетов необходимо запроектировать кольцевой газопровод таким образом, чтобы была возможность ввода в квартал газопровода с любой стороны кольца (пример см. на рис. 3.1).

Кольцевые распределительные газопроводы низкого давления в данном проекте прокладываются вдоль уличных проездов. Источником газоснабжения жилых домов в кварталах являются газорегуляторные пункты (ГРП), потребителем газа — бытовые потребители. Схема газоснабжения низкого давления выбирается из условий минимальных металлозатрат и максимальной надежности.

В первую очередь необходимо определить количество ГРП в городской системе газоснабжения, затем произвести установку ГРП с учетом равномерного распределения газа по потребителям жилого сектора.

3.2. Определение оптимального числа ГРП

Газорегуляторный пункт (ГРП, ГРУ) — совокупность технологических устройств, предназначенных для снижения давления (редуцирования) газа, поддержания его на заданном уровне вне зависимости от расхода газа потребителями в газораспределительных сетях (ГРС), очистки газа от механических примесей, а также отключения подачи газа потребителям в случаях перепада давления сверх установленных норм (схему ГРП см. в Приложении 9).

При проектировании газоснабжения городов большое значение имеют правильный выбор количества ГРП, их производительность и размещение.

С увеличением количества ГРП уменьшаются радиусы действия и нагрузки на сеть и, как следствие, диаметры и стоимость сети, однако экономические затраты увеличиваются.

Исходя из вышеперечисленных факторов, студенту необходимо определить оптимальное количество ГРП.

Для ГРП, питающего сеть низкого давления, оптимальная производительность $V_{\text{оп}} = 1\,500 \div 2\,000 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$. С учетом этого количество ГРП определяется по формуле, шт.:

$$n = \frac{\Sigma V_{\text{час}}}{V_{\text{оп}}}, \quad (3.1)$$

$\Sigma V_{\text{час}}$ — суммарный расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$ (см. табл. 2.3).

Полученное количество ГРП, их фактические нагрузки и местоположение учитываются по местным условиям, исходя из планировки города и расположения отдельных районов.

Каждый ГРП должен размещаться вблизи проездов между кварталами, таким образом, чтобы распределение газа между кварталами было равномерным, а также по возможности ГРП необходимо устанавливать в кварталах ближе к зоне повышенной нагрузки. При выборе места для ГРП необходимо соблюдать все правила нормативной документации и правила безопасности госгортехнадзора по размещению и допустимым расстояниям до здания, сооружений, дорог.

Методика расчета предполагает, что расход газа равномерно распределяется по всей длине участка.

После установки газорегуляторных пунктов необходимо запроектировать отвод газопровода от каждого ГРП до точки врезки в кольцевой газопровод. Все точки пересечения газопроводов необходимо пронумеровать, а полученные при этом участки трубопроводов кольцевой сети указать в табл. 3.2 (пример см. на рис. 3.1 и в Приложении 4). Затем необходимо определить «нулевые» точки.

Нулевой точкой называют точку схождения всех потоков газа, если хотя бы один газовый поток выходит, такая точка не является «нулевой». Количество нулевых точек выбирается равным количеству ГРП или на одну больше.

3.3. Расчет кольцевой сети низкого давления газа

I ЭТАП

Задача гидравлического расчета заключается в определении оптимальных диаметров газопровода по заданным расходам и расчетным потерям давления в сети для обеспечения всех потребителей требуемым расходом газа с требуемым давлением. Расчет ведется по максимальным расходам газа.

Методика расчета предполагает, что расход газа равномерно распределяется по всей длине участка.

Направления движения потоков газа выбираются так, чтобы газ от точки выхода из ГРП подавался ко всем потребителям по кратчайшему пути с учетом минимальных гидравлических потерь давления газа. Направления движения газа выбираются начиная от точки выхода из ГРП к периферии. В результате выявляются нулевые точки — конечные точки встречи потоков газа.

Суммарные потери давления газа от ГРП до наиболее удаленного прибора не должны превышать 1 200 Па. Согласно заданным условиям давление на выходе из ГРП составляет 3 000 Па, оптимальное давление в нулевой точке — 1 800 Па. Исходя из вышеприведенных данных, потери давления при гидравлическом расчете невыгодных ветвей (наиболее протяженные участки от ГРП до нулевой точки) должны быть увязаны с допустимыми потерями давления — 1 200 Па.

Соппротивление движению газа складывается из линейных сопротивлений трения и местных сопротивлений. Соппротивление трения имеется по всей длине трубопровода. Местные сопротивления образуются в местах изменения скорости и направления

движения газа. Линейные и местные сопротивления учитываются в вычислениях расчетных длин участков — l_p (см. формулу (3.8)).

Расчеты необходимо делать для каждого участка кольцевого газопровода.

Расчет начинаем с определения удельных, путевых, эквивалентных, транзитных и расчетных расходов для всех контуров питания потребителей.

Результаты расчета фиксируются в табл. 3.2.

Расчет ведется в следующей последовательности.

1. Определяем удельные расходы газа на каждом участке:

$$V_{уд}^{уч} = \frac{V_{кв}}{\sum l_{уч}}, \quad (3.2)$$

где $V_{кв}$ — часовой расход газа в квартале, $m^3/ч$ (см. табл. 2.1);

$\sum l_{уч}$ — суммарная длина участков по периметру газопровода, снабжающего данный квартал, м (сумма длин участков вокруг квартала).

Для смежных участков в числителе часовые расходы газа кварталов суммируются, в знаменателе рекомендуется взять сумму длин участков квартала, имеющего максимальный часовой расход газа, это связано с неравномерным потреблением газа (см. рис. 3.1):

- участок «2–1» обслуживает только первый квартал, при этом участок «1–6» также обслуживает только первый квартал, следовательно, можно записать следующее уравнение:

$$V_{уд}^{2-1} = V_{уд}^{1-6} = \frac{V_{кв}^1}{l_{уч}^{2-1} + l_{уч}^{1-6} + l_{уч}^{7-6} + l_{уч}^{20-2} + l_{уч}^{2-7}};$$

- участок «15–11» обслуживает только шестой квартал, следовательно, можно записать следующее уравнение:

$$V_{уд}^{15-11} = \frac{V_{кв}^6}{l_{уч}^{15-11} + l_{уч}^{13-15} + l_{уч}^{21-13} + l_{уч}^{21-8} + l_{уч}^{8-9} + l_{уч}^{9-10} + l_{уч}^{10-11}};$$

- участок «10–4» обслуживает третий и четвертый кварталы, следовательно, можно записать следующее уравнение (с учетом неравномерного потребления газа):

$$V_{\text{уд}}^{10-4} = \frac{V_{\text{кв}}^3 + V_{\text{кв}}^4}{l_{\text{уч}}^{10-4} + l_{\text{уч}}^{4-5} + l_{\text{уч}}^{11-5} + l_{\text{уч}}^{10-11}};$$

- для участков «20–2» и «20–7» можно записать следующие уравнения:

$$V_{\text{уд}}^{20-2} = \frac{V_{\text{кв}}^1 + V_{\text{кв}}^2}{l_{\text{уч}}^{20-2} + l_{\text{уч}}^{20-7} + l_{\text{уч}}^{7-6} + l_{\text{уч}}^{1-6} + l_{\text{уч}}^{2-1}};$$

$$V_{\text{уд}}^{20-7} = \frac{V_{\text{кв}}^1 + V_{\text{кв}}^2}{l_{\text{уч}}^{20-2} + l_{\text{уч}}^{20-7} + l_{\text{уч}}^{2-3} + l_{\text{уч}}^{9-3} + l_{\text{уч}}^{8-9} + l_{\text{уч}}^{8-7}}.$$

2. Путевой расход газа на участке сети, м³/ч:

$$V_{\text{пут}}^{\text{уч}} = V_{\text{уд}}^{\text{уч}} \cdot l_{\text{уч}}, \quad (3.3)$$

где $V_{\text{уд}}^{\text{уч}}$ — удельный расход газа в квартале, который обеспечивает данный участок, м³/ч;

$l_{\text{уч}}$ — геометрическая длина участка, м.

3. Эквивалентный расход газа на участке сети, м³/ч:

$$V_{\text{экв}}^{\text{уч}} = 0,5 \cdot V_{\text{пут}}^{\text{уч}}, \quad (3.4)$$

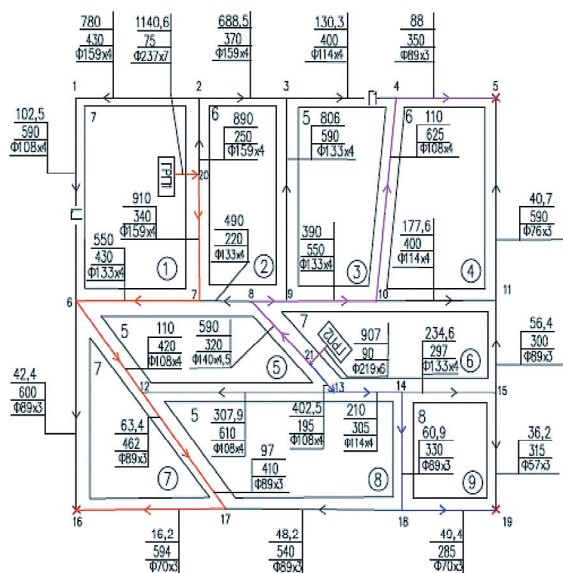
где $V_{\text{пут}}^{\text{уч}}$ — путевой расход газа на участке, м³/ч.

4. Проектируемые транзитные расходы газа на участке — это неистраченный на квартал с каждого прокладываемого участка газопровода расход газа, транспортируемый на соседние участки, если направление движения газа в них совпадает с направлением на рассчитываемом участке. При выборе направления движения газа на участке руководствуются разницей давлений в начальной и конечной точках участка. Исходя из разницы давлений, газовый поток движется от точки с большим давлением в точку с меньшим давлением.

5. Расчет транзитных расходов газа начинают с нулевых точек, так как на участках, прилегающих к нулевым точкам, транзитные

расходы газа равны нулю. Для остальных участков транзитные расходы определяются по формуле как сумма путевых и транзитных расходов газа участков, прилегающих к определяемому и следующим за рассчитываемым участком по ходу движения газа. При этом необходимо учитывать неравномерность потребления газа кварталом с учетом направлений движения газа в прилегающих участках, выбирая нужные пропорции.

Принцип расчета транзитных расходов газа представлен на рис. 3.1 и в табл. 3.1.



Условные обозначения:

9–10	Номер участка	6	Этажность квартала
42,4	Расход газа на участке газопровода	X	Нулевая точка (точка схождения всех потоков газа)
600	Длина участка газопровода, м	<	Направление движения газового потока по участку газопровода
Ф69×3	Диаметр участка газопровода, мм		
⑦	Номер квартала		

Рис. 3.1. Расчетная схема кольцевой сети газопровода низкого давления

Таблица 3.1

Пример расчета транзитных расходов газа

Схема расчета транзитных расходов газа	Принцип расчета	Схема расчета транзитных расходов газа	Принцип расчета
	$V_{\text{тр}}^{4-5} = V_{\text{тр}}^{11-5} = 0$		$V_{\text{тр}}^{6-16} = V_{\text{тр}}^{17-16} = 0$
	$V_{\text{тр}}^{15-19} = V_{\text{тр}}^{18-19} = 0$		$V_{\text{тр}}^{10-11} = V_{\text{тр}}^{15-11} = \frac{1}{2}(V_{\text{нпг}} + V_{\text{тр}})^{11-5}$
	$V_{\text{тр}}^{14-15} = (V_{\text{нпг}} + V_{\text{тр}})^{15-11} + (V_{\text{нпг}} + V_{\text{тр}})^{15-19}$		$V_{\text{тр}}^{12-17} = V_{\text{тр}}^{18-17} = \frac{1}{2}(V_{\text{нпг}} + V_{\text{тр}})^{17-16}$
	$V_{\text{тр}}^{6-12} = V_{\text{тр}}^{13-12} = \frac{1}{2}(V_{\text{нпг}} + V_{\text{тр}})^{12-17}$		$V_{\text{тр}}^{14-18} = (V_{\text{нпг}} + V_{\text{тр}})^{18-19} + (V_{\text{нпг}} + V_{\text{тр}})^{18-17}$
	$V_{\text{тр}}^{13-14} = (V_{\text{нпг}} + V_{\text{тр}})^{14-15} + (V_{\text{нпг}} + V_{\text{тр}})^{14-18}$		$V_{\text{тр}}^{10-4} = V_{\text{тр}}^{3-4} = \frac{1}{2}(V_{\text{нпг}} + V_{\text{тр}})^{4-5}$
	$V_{\text{тр}}^{9-3} = V_{\text{тр}}^{2-3} = \frac{1}{2}(V_{\text{нпг}} + V_{\text{тр}})^{3-4}$		$V_{\text{тр}}^{9-10} = (V_{\text{нпг}} + V_{\text{тр}})^{10-4} + (V_{\text{нпг}} + V_{\text{тр}})^{10-11}$

Продолжение табл. 3.1

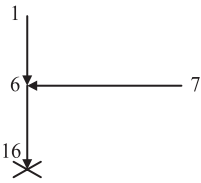
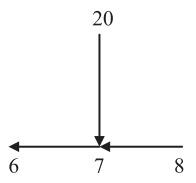
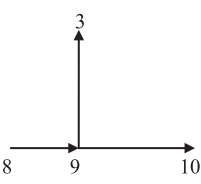
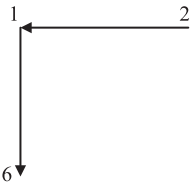
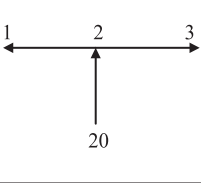
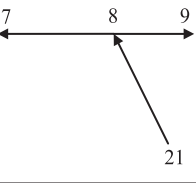
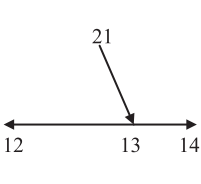
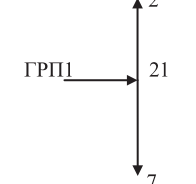
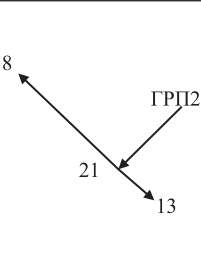
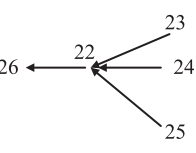
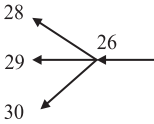
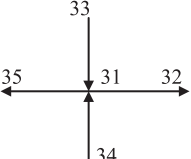
Схема расчета транзитных расходов газа	Принцип расчета	Схема расчета транзитных расходов газа	Принцип расчета
	$V_{\text{тр}}^{1-6} = V_{\text{тр}}^{7-6} = \frac{1}{2}(V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{6-16}$		$V_{\text{тр}}^{20-7} = V_{\text{тр}}^{8-7} = \frac{1}{2}(V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{7-6}$
	$V_{\text{тр}}^{8-9} = (V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{9-3} + (V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{9-10}$		$V_{\text{тр}}^{1-2} = (V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{1-6}$
	$V_{\text{тр}}^{20-2} = (V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{2-1} + (V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{2-3}$		$V_{\text{тр}}^{21-8} = (V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{8-9} + (V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{8-7}$
	$V_{\text{тр}}^{21-13} = (V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{13-14} + (V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{13-12}$		$V_{\text{тр}}^{\text{ГРП1}-20} = (V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{20-2} + (V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{20-7}$
	$V_{\text{тр}}^{\text{ГРП2}-21} = (V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{21-8} + (V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{21-13}$	<p>Пример расчета транзитных расходов, не входящих в схему на рис. 3.1*</p>	
			$V_{\text{тр}}^{23-22} = V_{\text{тр}}^{24-22} = V_{\text{тр}}^{25-22} = \frac{1}{3}(V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{22-26}$

Схема расчета транзитных расходов газа	Принцип расчета	Схема расчета транзитных расходов газа	Принцип расчета
<i>Пример расчета транзитных расходов, не входящих в схему на рис. 3.1*</i>			
	$V_{\text{тр}}^{27-26} = (V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{26-28} + (V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{26-29} + (V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{26-30}$		$V_{\text{тр}}^{33-31} = V_{\text{тр}}^{34-31} = \frac{1}{2} \left[(V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{31-32} + (V_{\text{пут}} + V_{\text{тр}})^{31-35} \right]$

* Данные схемы объясняют ряд примеров расчета транзитных расходов газа в случаях, встречающихся в исходных данных в выданном студенту задании.

6. Расчетный расход газа на участке сети, м³/ч, определяется следующим образом:

$$V_{\text{расч}} = V_{\text{тр}} + V_{\text{экв}}. \quad (3.5)$$

Таблица 3.2

Расчетные расходы газа на участках

№ участка сети	Длина участка, l , м	Удельный расход газа на участке, $V_{\text{удел}}$, м ³ /ч	Путевой расход газа на участке, $V_{\text{пут}}$, м ³ /ч	Эквивалентный расход газа на участке, $V_{\text{экв}}$, м ³ /ч	Транзитный расход газа на участке, $V_{\text{тр}}$, м ³ /ч	Расчетный расход газа на участке, $V_{\text{расч}}$, м ³ /ч
			$\Sigma V_{\text{пут}}$		$\Sigma V_{\text{тр}}$	

Для проверки расчетов необходимо произвести увязку суммарных (по всем участкам) путевых и транзитных расходов (по ГРП) с суммарным часовым расходом (см. табл. 2.3):

$$\Delta_{\text{пут}} = \frac{\sum V_{\text{час}} - \sum V_{\text{пут}}}{\sum V_{\text{час}}} \cdot 100 \% \leq \pm 10 \%; \quad (3.6)$$

$$\Delta_{\text{тр}} = \frac{\sum V_{\text{час}} - \sum V_{\text{тр}}}{\sum V_{\text{час}}} \cdot 100 \% \leq \pm 10 \%, \quad (3.7)$$

$\Sigma V_{\text{час}}$ — взять из табл. 2.3.

II ЭТАП

На втором этапе необходимо выбрать диаметры каждого участка кольцевой сети.

После определения расчетных расходов на участках производим гидравлический расчет всех возможных направлений движения газа от ГРП до нулевых точек, начиная с самого протяженного (принцип расчета см. в табл. 3.3). Выбор невыгодных ветвей и ответвлений производится от точки с более высоким давлением к точке с менее высоким давлением, при этом направление движения потока газа по газопроводу должно быть от точки с большим давлением до точки с меньшим давлением газа на всех участках. Расчет геометрической длины каждого участка производится согласно заданному масштабу (см. исходные данные). Для учета потерь на местные сопротивления геометрическая длина участков увеличивается на 10 %, т. е. коэффициент потерь давлений на местные сопротивления $k = 1,1$.

$$l_p^{yc} = 1,1 \cdot l_r^{yc}, \quad (3.8)$$

где l_p^{yc} — расчетная длина участка, м;

l_r^{yc} — геометрическая длина участка, м;

1,1 — коэффициент потерь давления на местные сопротивления.

Гидравлический расчет производится для каждого участка кольцевой сети по номограмме низкого давления (см. Приложение 1).

Расчет выполняется следующим образом:


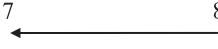
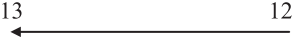
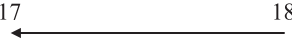
1. Для каждого ГРП выбираем невыгодные ветви — наиболее протяженные и нагруженные от ГРП до нулевой точки; помимо невыгодных ветвей необходимо выбрать ответвления, которые должны охватить все участки кольцевой сети, не вошедшие в невыгодные ветви. Ответвления могут состоять как из одного, так и из нескольких участков. Количество невыгодных ветвей должно быть равно количеству нулевых точек. Пример выбора и расчета невыгодных ветвей и ответвлений представлен в табл. 3.3.


Таблица 3.3

Принцип гидравлического расчета кольцевого газопровода

Схемы ветвей газопровода	Алгоритм расчета
<i>1-я невыгодная ветвь</i>	
	$p_{\text{ГРП1}} = 3\,000 \text{ Па}$ $p_{16} = 1\,800 \text{ Па}$ $\Delta p_{\text{доп}} = p_{\text{ГРП1}} - p_{16} = 1\,200 \text{ Па}$ $R_{\text{уд}} = \frac{\Delta p_{\text{доп}}}{l_{\text{уч}}^{\text{ГРП1-20}} + l_{\text{уч}}^{20-7} + l_{\text{уч}}^{7-6} + l_{\text{уч}}^{6-12} + l_{\text{уч}}^{12-17} + l_{\text{уч}}^{17-16}}$
<i>2-я невыгодная ветвь</i>	
	$p_{\text{ГРП2}} = 3\,000 \text{ Па}$ $p_5 = 1\,800 \text{ Па}$ $\Delta p_{\text{доп}} = p_{\text{ГРП2}} - p_5 = 1\,200 \text{ Па}$ $R_{\text{уд}} = \frac{\Delta p_{\text{доп}}}{l_{\text{уч}}^{\text{ГРП2-21}} + l_{\text{уч}}^{21-8} + l_{\text{уч}}^{8-9} + l_{\text{уч}}^{9-10} + l_{\text{уч}}^{10-4} + l_{\text{уч}}^{4-5}}$
<i>3-я невыгодная ветвь</i>	
	$p_{\text{ГРП2}} = 3\,000 \text{ Па}$ $p_{19} = 1\,800 \text{ Па}$ $\Delta p_{\text{доп}} = p_{\text{ГРП2}} - p_{19} = 1\,200 \text{ Па}$ $R_{\text{уд}} = \frac{\Delta p_{\text{доп}}}{l_{\text{уч}}^{\text{ГРП2-21}} + l_{\text{уч}}^{21-13} + l_{\text{уч}}^{13-14} + l_{\text{уч}}^{14-18} + l_{\text{уч}}^{18-19}}$

1-е ответвление	
	$p_{20\text{уч}} = 3\,000 - \Delta p^{20-2}$ $p_{16} = 1\,800, \text{Па}$ $\Delta p_{\text{доп}} = p_{20} - p_{16}$ $R_{\text{уд}} = \frac{\Delta p_{\text{доп}}}{l_{\text{уч}}^{20-2} + l_{\text{уч}}^{2-1} + l_{\text{уч}}^{1-6} + l_{\text{уч}}^{6-16}}$
2-е ответвление	
	$p_9 = 3\,000 - \Delta p_{\text{уч}}^{\text{ГРП2-21}} - \Delta p_{\text{уч}}^{21-8} - \Delta p_{\text{уч}}^{8-9}$ $p_{4\text{уч}} = 1\,800 + \Delta p^{4-5}$ $\Delta p_{\text{доп}} = p_9 - p_4$ $R_{\text{уд}} = \frac{\Delta p_{\text{доп}}}{l_{\text{уч}}^{9-3} + l_{\text{уч}}^{3-4}}$
3-е ответвление	
	$p_9 = 3\,000 - \Delta p_{\text{уч}}^{\text{ГРП1-20}} - \Delta p_{\text{уч}}^{20-2}$ $p_4 = 1\,800 + \Delta p_{\text{уч}}^{4-5} + \Delta p_{\text{уч}}^{3-4}$ $\Delta p_{\text{доп}} = p_2 - p_3$ $R_{\text{уд}} = \frac{\Delta p_{\text{доп}}}{l_{\text{уч}}^{2-3}}$
4-е ответвление	
	$p_{14} = 3\,000 - \Delta p_{\text{уч}}^{\text{ГРП2-21}} - \Delta p_{\text{уч}}^{21-13} - \Delta p_{\text{уч}}^{13-14}$ $p_5 = 1\,800$ $\Delta p_{\text{доп}} = p_{14} - p_5$ $R_{\text{уд}} = \frac{\Delta p_{\text{доп}}}{l_{\text{уч}}^{14-15} + l_{\text{уч}}^{15-11} + l_{\text{уч}}^{11-5}}$

5-е ответвление	
	$p_{10} = 3\,000 - \Delta p_{\text{уч}}^{\text{ГРП2-21}} - \Delta p_{\text{уч}}^{21-8} -$ $- \Delta p_{\text{уч}}^{8-9} - \Delta p_{\text{уч}}^{9-11} - \Delta p_{\text{уч}}^{11-10}$ <p>или</p> $p_{14} = 1\,800 + \Delta p_{\text{уч}}^{4-5} + \Delta p_{\text{уч}}^{10-4}$ $p_{11} = 1\,800 + \Delta p_{\text{уч}}^{11-5}$ $\Delta p_{\text{доп}} = p_{10} - p_{11}$ $R_{\text{уд}} = \frac{\Delta p_{\text{доп}}}{l_{\text{уч}}^{10-11}}$
6-е ответвление	
	$p_8 = 3\,000 - \Delta p_{\text{уч}}^{\text{ГРП2-21}} - \Delta p_{\text{уч}}^{21-8}$ $p_7 = 3\,000 - \Delta p_{\text{уч}}^{\text{ГРП1-20}} - \Delta p_{\text{уч}}^{20-7}$ $\Delta p_{\text{доп}} = p_8 - p_7$ $R_{\text{уд}} = \frac{\Delta p_{\text{доп}}}{l_{\text{уч}}^{8-7}}$
7-е ответвление	
	$p_{13} = 3\,000 - \Delta p_{\text{уч}}^{\text{ГРП2-21}} - \Delta p_{\text{уч}}^{21-13}$ $p_{12} = 1\,800 + \Delta p_{\text{уч}}^{17-16} + \Delta p_{\text{уч}}^{12-17}$ $\Delta p_{\text{доп}} = p_{13} - p_{12}$ $R_{\text{уд}} = \frac{\Delta p_{\text{доп}}}{l_{\text{уч}}^{13-12}}$
8-е ответвление	
	$p_{18} = 1\,800 + \Delta p_{\text{уч}}^{18-19}$ $p_{17} = 1\,800 + \Delta p_{\text{уч}}^{17-16}$ $\Delta p_{\text{доп}} = p_{18} - p_{17}$ $R_{\text{уд}} = \frac{\Delta p_{\text{доп}}}{l_{\text{уч}}^{18-17}}$

9-е ответвление	
	$p_{15} = 3\,000 - \Delta p_{\text{уч}}^{\text{ГРП2-21}} - \Delta p_{\text{уч}}^{21-13} -$ $- \Delta p_{\text{уч}}^{13-14} - \Delta p_{\text{уч}}^{14-15}$ <p>или</p> $p_{15} = 1\,800 + \Delta p_{\text{уч}}^{15-11} + \Delta p_{\text{уч}}^{11-5}$ $p_{19} = 1\,800$ $\Delta p_{\text{доп}} = p_{15} - p_{19}$ $R_{\text{уд}} = \frac{\Delta p_{\text{доп}}}{l_{\text{уч}}^{15-19}}$

2. Определяем удельные потери давления на невыгодных ветвях, так чтобы фактические потери не превышали допустимые, по формуле

$$\Delta p_{\text{доп}} = \Delta p_{\text{ГРП}} - \Delta p_{\text{нул.точка}} = 3\,000 - 1\,800 = 1\,200, \text{ Па.} \quad (3.9)$$

Удельные потери на ответвлениях определяются согласно табл. 3.3.

Допустимая невязка составляет 10 %, расчет производится по формуле

$$\Delta = \frac{\Delta p_{\text{доп}} - \sum \Delta p}{\Delta p_{\text{доп}}} \cdot 100 \% \leq \pm 10 \%, \quad (3.10)$$

где $\Delta p_{\text{доп}}$ — допустимые потери давления;

$\sum \Delta p_{\text{доп}}$ — суммарные потери давления на невыгодной ветви или ответвлении.

2. Далее производим расчет удельных потерь давления на каждый метр газопровода всех участков кольцевого газопровода — $R_{\text{уд}}$, который необходим для подбора диаметра каждого участка газопровода по номограмме (см. Приложение 1), на основании рассчитанного расхода газа:

$$R_{\text{уд}} = \frac{\Delta p_{\text{доп}}}{\sum l_{\text{p}}}, \quad (3.11)$$

где $\Delta p_{\text{доп}}$ — допустимые потери давления, Па, для невыгодной ветви или ответвления;

$\sum l_{\text{p}}$ — сумма расчетных длин участков невыгодного кольца.

Зная расчетный расход на участках и примерные удельные потери давления на участке, подбираем по номограмме (см. Приложение 1) диаметры для газопроводов низкого давления, а также определяем фактические удельные потери на всем участке:

$$\Delta p_{\text{ф}}^{\text{уч}} = R_{\text{уд}}^{\text{ф}} \cdot l_{\text{p}}^{\text{уч}}, \quad (3.12)$$

где $\Delta p_{\text{ф}}^{\text{уч}}$ — фактические потери давления на участке;

$R_{\text{уд}}^{\text{ф}}$ — потери давления на 1 м на участке согласно номограмме низкого давления;

$l_{\text{p}}^{\text{уч}}$ — расчетная длина участка.

Правила применения номограммы низкого давления для определения диаметров участков и потерь давления на 1 м каждого участка:

а) определив $R_{\text{уд}}$ ($R_{\text{уд}} = \text{const}$ и для каждой невыгодной ветви и ответвления $R_{\text{уд}}$ различна), фиксируем значение $R_{\text{уд}}$ на оси $\Delta p/l$ (по горизонтали) и проводим перпендикулярную линию относительно оси $\Delta p/l$;

б) далее фиксируем $V_{\text{уч}}$ на оси V (по вертикали), причем для каждого участка сети величина расхода газа различна и принимается согласно табл. 3.2, проводим линию перпендикулярно оси V до пересечения с линией $R_{\text{уд}}$;

в) для выбора диаметра на определенном участке газопровода, от точки пересечения параллельно оси $\Delta p/l$ движемся к ближайшему диаметру (наклонные линии) либо вправо, либо влево до пересечения с линией диаметра;

г) после выбора диаметра участка точку пересечения $V_{\text{уч}}$ с линией диаметра проецируем на ось $\Delta p/l$, таким образом определяем потери давления на 1 м на участке газопровода — $R_{\text{уд}}^{\text{ф}}$

и производим расчет потерь давления на всем участке по формуле 3.12, результаты заносим в табл. 3.4.

После расчета каждой невыгодной ветви и ответвлений необходимо произвести проверку выбора диаметров, т. е. произвести расчет допустимой невязки. Допустимая невязка составляет 10 %, расчет производится по формуле

$$\Delta = \frac{\Delta p_{\text{доп}} - \sum \Delta p}{\Delta p_{\text{доп}}} \cdot 100 \% \leq \pm 10 \%, \quad (3.13)$$

где $\sum \Delta p$ — сумма потерь давления каждой невыгодной ветви и ответвления.

Если невязка больше 10 %, то изменяем диаметры газопроводов на одном или нескольких участках. Если и в этом случае невязка не выполняется, то допускается разбивка участка с одним расходом газа на два участка с разными диаметрами, при условии установки фитингов на переходе трубопроводов от одного диаметра к другому.

Пример расчетной схемы кольцевого газопровода низкого давления см. в Приложении 4 и на рис. 3.1.

Таблица 3.4

Гидравлический расчет газопровода низкого давления

№ участка сети	Длина участка, м	Расчетная длина участка, м	Расчетный расход газа, м³/ч	Диаметр газопровода, мм	Потери давления, Па		Сумма потерь давления, Па
					удельные (на 1 п. м.)	на участке	

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ГАЗА НА КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫЕ НУЖДЫ

Расчет часовых расходов газа на коммунально-бытовые предприятия необходим для осуществления гидравлического расчета тупиковой системы газоснабжения высокого давления (алгоритм расчета системы газоснабжения высокого давления приведен в разделе 5).

В первую очередь необходимо определить годовой расход теплоты.

Расход теплоты для данных потребителей учитывает расход газа на стирку белья в прачечных, на помывку людей в банях, на приготовление пищи в столовых, кафе и ресторанах, на выпечку хлеба.

Расход газа коммунально-бытовыми потребителями определяем по производительности или пропускной способности предприятий и нормам расхода теплоты на единицу продукции или одного потребителя.

Годовое количество теплоты, необходимое для функционирования любого заданного предприятия (баня, прачечная, хлебозавод, столовая), определяется по формуле

$$Q_{\text{год}} = N \cdot k_{\%} \cdot q \cdot s, \quad (4.1)$$

где N — число жителей квартала, чел.;

$k_{\%}$ — процентное или единичное количество населения квартала, которое пользуется услугами рассчитываемого предприятия;

q — норма расхода теплоты на единицу потребления (см. табл. 4.1) промпредприятия;

s — средние показатели производства продукции бытового потребления:

для прачечной $s = 0,1$;

для бани $s = 52$;

для хлебозавода $s = (0,0006 \div 0,0008) \cdot 365$.

Причем количество теплоты для хлебозавода определяется следующим образом:

$$Q_{\text{год}}^{\text{х.з}} = N \cdot q \cdot s. \quad (4.2)$$

Здесь для столовых: обеды — $s = 0,3 \cdot 365 \div 0,5 \cdot 365$; завтраки, ужины — $s = 0,1 \cdot 365 \div 0,3 \cdot 365$.

В соответствии с исходными данными и данными табл. 4.1 и 4.2 определяется расход газа на коммунально-бытовые нужды, м³/ч:

$$V_{\text{час}} = \frac{k_m \cdot Q_{\text{предпр}}}{Q_{\text{н}}}, \quad (4.3)$$

где $Q_{\text{предпр}}$ — годовой расход теплоты, МДж/год;

k_m — коэффициент часового максимума (см. табл. 4.2).

Таблица 4.1

Нормы расхода теплоты

Потребители газа	Показатель потребления газа	Нормы расхода теплоты, МДж (тыс. ккал)
<i>Предприятия бытового обслуживания населения</i>		
Фабрики-прачечные: на стирку белья в механизированных прачечных	На 1 т сухого белья	8 800 (2 100)
Бани: мытье без ванн	На 1 помывку	40 (9,5)
<i>Предприятия общественного питания</i>		
Столовые, рестораны, кафе: на приготовление обедов на приготовление завтраков или ужинов	На 1 обед	4,2(1)
	На 1 завтрак или ужин	2,1 (0,5)
<i>Предприятия по производству хлеба и кондитерских изделий</i>		
Хлебозаводы, комбинаты, пекарни: на выпечку хлеба подового, батонов, булок, сдобы	На 1 т изделий	5 450 (1 300)

Таблица 4.2

Коэффициент часового максимума

Предприятия	Коэффициент часового максимума расхода газа k_m
Бани	1/2 700
Прачечные	1/2 900
Общественного питания	1/2 000
По производству хлеба, кондитерских изделий	1/6 000

Часовой расход газа на один котел в газовой котельной рассчитывается по следующей формуле:

$$V_{\text{час}}^{\text{кот}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta}, \quad (4.4)$$

где $Q_{\text{кот}}$ — мощность котла, кВт, задается преподавателем;

$Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ — низшая рабочая теплота сгорания, МДж/м³;

η — КПД котла (90–92 %).

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Движение газа в газопроводах высокого давления, в отличие от газопроводов низкого давления, происходит при значительном изменении плотности газа и скорости его движения. Поэтому при гидравлическом расчете газопроводов высокого давления используется другая методика расчета (номограмма, см. Приложение 2).

Сеть газопроводов высокого давления второй категории питает предприятия, которые находятся внутри рассматриваемого жилого района. Газопровод высокого давления проектируется по тупиковой схеме. Трассу газопровода прокладывают под землей вдоль проезжей части с минимальным заходом в зону жилой застройки. Выбираем точку подключения газопровода к магистральному газопроводу, который находится на расстоянии 2 км от линии застройки (см. исходные данные), затем выбирается наиболее протяженное и нагруженное направление — магистраль. Разбиваем ее на участки, на каждом из участков расход газа постоянен. Далее производится распределение газопроводов по ответвлениям к каждому неучтенному предприятию, ответвления к ним также разбиваются на участки. В местах врезки потребителей газа предусматривается установка запорной арматуры.

Производится расчет невыгодного кольца, затем расчет всех ответвлений с увязкой по давлению. Потери давления в местных сопротивлениях допускается учитывать путем увеличения расчетной длины газопроводов на 10 %.

Для магистрали находим среднюю характеристику сети $\alpha_{\text{ср}}$ МПа²/км, которая равна:

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{p_{\text{нач}}^{\text{абс2}} - p_{\text{кон}}^{\text{абс2}}}{\sum l_p}, \quad (5.1)$$

где $p_{\text{нач}}^{\text{абс}}$, $p_{\text{кон}}^{\text{абс}}$ — абсолютное давление газа в точке врезки и у самого удаленного потребителя, МПа;

$$p^{\text{абс}} = p_{\text{изб}} + p_{\text{атм}}, \quad (5.2)$$

где $p_{\text{изб}}$ — давление в трубопроводе (см. исходные данные);

$p_{\text{атм}}$ — атмосферное давление при нормальных условиях, равное 0,1013 МПа;

$\sum l_p$ — сумма расчетных длин участков, км.

На каждом участке, зная геометрическую длину, учитываем местные сопротивления путем добавления 10 % от потерь по длине, определяем расчетную длину:

$$l_p = 1,1 \cdot l_r. \quad (5.3)$$

По полученной характеристике сети и расходу газа на участке по номограмме определяются диаметры участков и давления во всех точках сети:

1) по рассчитанной средней характеристике сети и расходу газа на промпредприятии по номограмме находится точка пересечения двух линий;

2) если найденная точка попадает на номограмме между двумя диаметрами, передвигаясь по линии постоянного расхода к ближайшему из них, фиксируем диаметр в таблице;

3) уточняем значение удельных потерь давления $\alpha_{\text{уч}}$ для каждого участка и заносим полученный результат в табл. 5.1 (номограмма приведена в Приложении 2).

Давление в конце каждого участка подсчитывается по формуле

$$p_{\text{кон}}^{\text{абс}} = \sqrt{p_{\text{нач}}^{\text{абс2}} - l_p \cdot \alpha_{\text{ср}}}, \quad (5.4)$$

$p_{\text{кон}}^{\text{абс}}$ для следующего участка является начальным $p_{\text{нач}}^{\text{абс}}$.

Невязка между давлением в конце участка и давлением на входе в ГРП или коммунально-бытовое предприятие не должна превышать 10 %.

Также производим увязку ответвлений. Потери в этих ответвлениях увязываются с потерями на участках магистральной. Невязка также не должна превышать 10 %.

В конце каждого ответвления конечное давление принимаем равным давлению на выбранной магистральной трассе газопровода (см. исходные данные).

Расчет газопровода высокого давления сводится в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Гидравлический расчет газопровода высокого давления

№ участка сети	Длина участка, км	Расчетная длина участка, км	Расчетный расход газа, м³/ч	Диаметр газопровода, мм	Характеристика сети, Па²/км	Давление газа в начале участка, МПа	Давление газа в конце участка, МПа

Пример расчетной схемы газопровода высокого давления см. в Приложении 6.

Проверка гидравлического расчета производится по формуле

$$\Delta = \frac{P_{\text{кон}}^{\text{абс}} - P_{\text{кон}}^{\text{расч}}}{P_{\text{кон}}^{\text{абс}}} \cdot 100 \% \leq \pm 10 \%, \quad (5.5)$$

где $P_{\text{кон}}^{\text{расч}}$ — конечное давление самого удаленного участка рассчитываемого ответвления (см. табл. 5.1).

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВНУТРИДОВОМОГО И ВНУТРИДВОРОВОГО ГАЗОПРОВОДА

6.1. Проектирование и расчет внутреннего газопровода

На основании исходных данных жилого квартала в некоторых микрорайонах многоэтажных жилых домов установлены только газовые плиты, а в некоторых помимо газовых плит устанавливаются также водонагреватели.

В данном разделе рассмотрена методика расчета многоэтажного жилого дома с установкой только газовых плит, которые показывают на плане первого этажа (см. Приложение 7).

Высоту кухни принимаем $H = 2,7$ м. Объем помещения кухни должен быть не менее:

15 м³ при установке 4-конфорочной газовой плиты;

12 м³ при установке 3-конфорочной газовой плиты;

7 м³ при установке 2-конфорочной газовой плиты.

Для выбора газовой плиты на основании заданной высоты кухни и других габаритных размеров кухонного помещения рассчитываем объем кухни.

Газопровод, проложенный от стены здания до места подключения газоиспользующего оборудования, называется **внутренним** (внутридомовым).

Газопровод прокладывают по фасаду на высоте 3 м от уровня земли, далее осуществляют ввод на первый этаж, устанавливают общий кран на вводе, а также краны для отключения каждого стояка. Ввод газа осуществляется в помещение кухонь, вертикальная разводка (стояки) также осуществляется по кухонным помещениям (см. Приложение 7).

В каждой кухне необходимо предусмотреть установку термозапорного клапана, который отключает подачу газа при температурах от 100 °С. Расход газа учитывают с помощью бытового газового счетчика, устанавливаемого на высоте 1,5 м от уровня пола. Перед каждым газовым прибором следует предусмотреть установку запорной арматуры (кран). Также краны устанавливают перед счетчиком газа. Расстояние от стен до газопровода должно быть не менее половины диаметра трубы.

На наружном газопроводе, на вводе в подъезд могут быть установлены продувочные пробки на резьбе диаметром не более 25 мм.

Методика расчета. В курсовом проекте допускается принять расход газа для 4-конфорочной газовой плиты — 1,2 м³/ч, для 3-конфорочной газовой плиты — 1,1 м³/ч, для 2-конфорочной газовой плиты — 1,0 м³/ч.

Расчетные расходы газа во внутренних и наружных сетях определяем по следующей формуле:

$$V_{\text{расч}} = n \cdot k_o \cdot V_{\text{ном}}, \quad (6.1)$$

где $V_{\text{расч}}$ — расчетный расход газа на участке, м³/ч;

$V_{\text{ном}}$ — номинальный расход газа прибором, м³/ч;

n — число однотипных приборов;

k_o — коэффициент одновременности действия приборов, принимаемый по табл. 6.1.

Коэффициент одновременности действия приборов предполагает работу одного или нескольких газовых приборов (например, газовых плит), при этом максимальный расход газа (при работе на полную мощность всех газовых горелок) равен 1,2, м³/ч, но если работающих приборов будет больше, то вероятность максимального потребления газа уменьшается (чем больше работающих приборов, тем меньше k_o), именно этот процесс отражает введение коэффициента одновременности действия газовых приборов и учитывается при определении расчетного расхода газа.

Таблица 6.1

Коэффициенты одновременности действия приборов

Число квартир	Плита 4-конфорочная	Плита 2-конфорочная	Плита 4-конфорочная и водонагреватель	Плита 2-конфорочная и водонагреватель
1	1	1	0,70	0,75
2	0,65	0,84	0,56	0,64
3	0,45	0,73	0,48	0,52
4	0,36	0,59	0,43	0,390
5	0,29	0,49	0,40	0,375
6	0,28	0,41	0,392	0,360
7	0,28	0,36	0,370	0,345
8	0,265	0,32	0,360	0,335
9	0,258	0,289	0,345	0,320
10	0,254	0,263	0,340	0,315
15	0,240	0,242	0,300	0,275
20	0,236	0,230	0,260	0,200
30	0,231	0,218	0,250	0,235
40	0,227	0,213	0,230	0,205
50	0,223	0,210	0,215	0,193
60	0,220	0,207	0,203	0,186
70	0,217	0,205	0,195	0,180
80	0,214	0,204	0,192	0,175
90	0,212	0,203	0,187	0,171
400	0,180	0,170	0,150	0,135

Пользуясь рекомендуемыми преподавателем диаметрами и расчетным расходом газа, определяем удельные потери на каждом участке по номограмме (см. Приложение 1). На стояках рекомендуется принимать условный диаметр газопровода 20 мм (для 5-этажных жилых домов, для домов большей этажности необходимо проконсультироваться с преподавателем), на подводе к газовой плите — 15 мм.

Потери давления на местные сопротивления учитываются с увеличением геометрической длины участков на величину:

- от ввода в здание до стояка — 25 % линейных потерь ($k = 1,25$);

- на стояках 20 % ($k = 1,2$);
- на внутриквартирной разводке при длине:
 - 1–2 м — 450 % ($k = 5,5$);
 - 3–4 м — 200 % ($k = 3$);
 - 5–7 м — 120 % ($k = 2,2$).

Соответственно l_p (расчетная длина) определяется по формуле

$$l_p = k \cdot l_r. \quad (6.2)$$

При расчете внутреннего газопровода необходимо учитывать гидростатическое давление.

На отдельных участках газопроводов, имеющих разные геометрические отметки по высоте, возникает дополнительное (избыточное) давление, значение которого прямо пропорционально произведению разности плотностей воздуха и газа, ускорению свободного падения и высоте. Дополнительное давление газа $H_{гс}$ с увеличением высоты возникает вследствие того, что абсолютное давление в газопроводе падает в меньшей степени, чем барометрическое.

Гидростатическое давление определяется по формуле

$$H_{гс} = \pm 9,81 \cdot h(\rho_v - \rho_r), \quad (6.3)$$

где $H_{гс}$ — гидростатическое давление (дополнительное избыточное давление), Па;

h — разность геометрических отметок конца и начала участка, считая по ходу газа, м;

ρ_v, ρ_r — плотность воздуха и газа, кг/м^3 , плотность воздуха принимаем равной $1,29 \text{ кг/м}^3$, плотность газа приведена в исходных данных.

Знак «+» или «-» принимается в зависимости от подъема или опуска газа с плотностью газа, меньшей плотности воздуха:

- если газ поднимается вверх по трубопроводу, то необходимо принять знак «-»;
- если газ опускается, то принимается знак «+»;
- на горизонтальных участках $H_{гс}$.

Определяются потери давления на участках сети $\Delta p_{\text{мс}}$ на основании рекомендуемых диаметров и расчетного расхода газа. С учетом гидростатического давления общие потери составят:

$$\Delta p_{\text{дом}} = \Delta p_{\text{мс}} + H_{\text{гс}}, \quad (6.4)$$

где $\Delta p_{\text{дом}}$ — потери давления на одном из участков внутреннего газопровода, Па;

$p_{\text{мс}}$ — потери давления на местные сопротивления.

Полученные результаты записываются в табл. 6.2. Высотные отметки запорно-регулирующей арматуры и счетчика показывают на аксонометрической схеме внутреннего газопровода.

Расчет производится для невыгодного кольца, начиная с точки, максимально удаленной от точки присоединения к наружному газопроводу.

Если внутренний газопровод является тупиковым, то рекомендуется гидравлический расчет начинать с точки подключения к самому удаленному газовому прибору от точки подключения к наружному газопроводу (пример см. в Приложении 6). Давление в точке подключения к удаленному газовому прибору равно 1 800 Па.

Суммарные потери давления внутреннего газопровода — $\Sigma \Delta p_{\text{дом}}$ см. последнюю строку колонки 9 из табл. 6.2 после приведенных расчетов.

Таблица 6.2

Гидравлический расчет домового газопровода

№ участка сети	Длина участка, м	Расчетная длина участка, м	Расчетный расход газа, м³/ч	Диаметр газопровода, мм	Потери давления на 1 п. м, Па/м	Потери давления на участке, Па	Гидростатический напор на участке, Па	Сумма потерь давления на участке, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Пример аксонометрической схемы внутреннего газопровода см. в Приложении 7.

6.2. Проектирование и расчет наружного газопровода

Для расчета наружного газопровода вычерчиваем схему одного из кварталов с этажностью, аналогичной этажности дома, выбранного для проектирования внутреннего газопровода. Количество домов в квартале выбираем произвольным образом (минимум три жилых дома), предполагая, что в квартале могут располагаться спортивные и детские площадки, автомобильные стоянки и т. д.

Подъезды в домах принимаются аналогично рассчитанному внутреннему газопроводу. Схема газопровода — тупиковая.

Разбиваем сеть на участки, учитывая вводы на каждый стояк жилого дома. Выбираем невыгодную ветвь. Определяем длину каждого участка невыгодной ветви. Для учета потерь на местные сопротивления геометрическая длина участков увеличивается на 10 %. Расчетные расходы определяются так же, как в предыдущем разделе. Диаметры газопроводов определяются по номограмме низкого давления (см. Приложение 1) в зависимости от расхода и удельных потерь давления.

Гидравлический расчет наружного газопровода выполняется следующим образом (на примере из Приложение 8 и рис. 3.1):

1. Определяем давление на самом удаленном участке от ввода в уличный газопровод в точке 1 — p_1 невыгодной ветви:

$$p_1^{\text{дом}} = p_{\text{г.пр}} + \Delta p_{\text{сч}} + \Delta p_{\text{КТЗ}} + \sum \Delta p_{\text{дом}} + \Delta p_{\text{внут}}, \quad (6.5)$$

где $p_{\text{г.пр}}$ — давление перед горелкой газового прибора, принимаемое по паспорту прибора. В курсовом проекте давление перед горелкой прибора принимается 1 800 Па;

$\Delta p_{\text{внут}}$ — внутреннее сопротивление прибора, принимаемое по паспорту прибора, в курсовом проекте принимаем равным 100 Па;

$\Delta p_{\text{сч}}$ — потери давления в газовом счетчике, принимаем равными 50 Па;

$\Delta p_{\text{КТЗ}}$ — потери давления в термозапорном клапане, принимаем равными 50 Па;

$\Sigma \Delta p_{\text{дом}}$ — потери давления внутридомовой сети, определяемые гидравлическим расчетом.

2. Далее определяется давление на вводе в квартал в точке p_n в Приложении 8 на схеме наружного газопровода это точка — «5», так же как и определялось давление в расчете кольцевого газопровода при условии привязки к давлениям и потерям давлений уличного газопровода выбранного квартала.

Например:

а) выбираем квартал № 5 (см. рис. 3.1), участок газопровода кольцевой сети — «13–12», делим его пополам — точка середины участка является точкой подключения наружного газопровода;

б) определив точку подключения — «5» (см. Приложение 8), можно рассчитать давление в этой точке следующим образом:

$$p_5 = 3\,000 - \Delta p_{\text{уч}}^{\text{ГРП2-21}} - \Delta p_{\text{уч}}^{21-13} - \frac{1}{2} \cdot \Delta p_{\text{уч}}^{13-12}. \quad (6.6)$$

3. Самой невыгодной ветвью согласно Приложению 8 является:

«1–2–3–4–5», ответвления: «2–8», «7–3» и «4–6». Участки невыгодной ветви и ответвления фиксируем в табл. 6.3.

4. Исходя из полученных результатов рассчитываем допустимые потери давления как на невыгодной ветви, так и на ответвлениях — $\Delta p_{\text{доп}}$:

$$\Delta p_{\text{доп}} = p_n - p_1, \quad (6.7)$$

5. Затем определяем суммарную расчетную длину невыгодной ветви:

$$\sum l_{\text{расч}} = 1,1 \cdot \sum l_{\text{геом}}. \quad (6.8)$$

6. Далее определяем средние удельные потери давления на 1 м по всей длине самого удаленного участка от точки врезки в уличный газопровод:

$$R_{\text{уд}} = \frac{\Delta p_{\text{доп}}}{\sum l_{\text{расч}}}. \quad (6.9)$$

Расходы газа на каждый участок определяем по формуле (6.1), но коэффициент одновременности действия прибора k_o должен быть равен 0,8 вне зависимости от количества газовых приборов.

В дальнейшем расчет производится аналогично расчету газопровода низкого давления кольцевой сети.

На основании известного расхода и удельных потерь на невыгодной ветви по номограмме (см. Приложение 1) определяем:

- 1) диаметр участка и потери давления на 1 м на нем;
- 2) потери давления на участке: $\Delta p_{уч} = l_p^{уч} \cdot \Delta p_{уч}^{1метр}$;
- 3) результаты записываются в табл. 6.3;
- 4) полученные в ходе расчета суммарные потери давления увязываются с допустимыми потерями давления:

$$\Delta = \frac{\Delta p_{доп} - \Delta p_{расч}}{\Delta p_{доп}} \cdot 100 \% \leq \pm 10 \%. \quad (6.10)$$

Примеры расчета потерь давлений ответвлений (см. Приложение 8):

1. $\Delta p_{отв}^{8-2} = p_2 - p_8 \rightarrow p_2 = p_5 - \Delta p_{уч}^{2-3} - \Delta p_{уч}^{3-4} - \Delta p_{уч}^{4-5}$, $p_8 = p_1$.
2. $\Delta p_{отв}^{7-3} = p_3 - p_7 \rightarrow p_3 = p_5 - \Delta p_{уч}^{3-4} - \Delta p_{уч}^{4-5}$, $p_7 = p_1$.
3. $\Delta p_{отв}^{6-4} = p_4 - p_6 \rightarrow p_4 = p_5 - \Delta p_{уч}^{4-5}$, $p_6 = p_1$.

Таблица 6.3

Гидравлический расчет наружного газопровода

№ участка сети	Длина участка, м	Расчетная длина участка, м	Расчетный расход газа, м³/ч	Диаметр газопровода, мм	Потери давления на 1 м, Па/м	Потери давления на участке, Па	Сумма потерь давления на участке, Па

Пример расчетной схемы наружного газопровода см. в Приложении 8.

7. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ГАЗОРЕГУЛЯТОРНОГО ПУНКТА

В состав технологического оборудования регуляторных пунктов входят следующие элементы:

- регулятор давления, понижающий или поддерживающий постоянное давление газа вне зависимости от его расхода;
- предохранительный запорный клапан (ПЗК), прекращающий подачу газа при повышении или понижении его давления после регулятора сверх заданных значений;
- предохранительное сбросное устройство, предназначенное для сброса излишков газа, чтобы давление не превысило заданное в схеме регуляторного пункта;
- фильтр газа, служащий для его очистки от механических примесей;
- контрольно-измерительные приборы (КИП), которые фиксируют: давление газа до и после регулятора, а также на обводном газопроводе (манометр); перепад давлений на фильтре, позволяющий судить о степени его загрязнения (дифманометр); расход газа (расходомер); температуру газа перед расходомером (термометр);
- импульсные трубопроводы, служащие для присоединения регулятора давления, ПЗК, ПСК и контрольно-измерительных приборов.

В курсовом проекте предстоит выбрать регулятор давления, ПЗК, ПСК, фильтр только для одного ГРП.

7.1. Выбор регулятора давления газа

Выбор типа и размера регулятора давления зависит от расхода газа, его входного и выходного давлений. Основными параметрами, определяющими пропускную способность регулятора,

являются условный диаметр проходного сечения дросселирующего органа и соответствующий ему коэффициент пропускной способности.

На основании технических характеристик регулятора давления газа РДБК (блочный регулятор давления газа Казанцева) по табл. 7.1 подбирается регулятор давления. Затем производится расчет расхода газа выбранного регулятора на основании его технических характеристик и приведенной ниже методики расчета.

Таблица 7.1

Технические характеристики регулятора давления газа РДБК

Характеристики регулятора давления	РДБК1-50	РДБК1П-50	РДБК1-100		РДБК1П-100	
Диаметр d_y входного фланца, мм	50	50	100	100	100	100
Диаметр седла, мм	35	35	50	70	50	70
Максимальное входное давление, МПа	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Диапазон настройки выходного давления, МПа	0,001–0,06	0,03–0,6	0,001–0,06	0,001–0,06	0,03–0,6	0,03–0,6
Пропускная способность при входном давлении 0,1 МПа, м ³ /ч	900	900	1 418	2 836	1 418	2 836
Площадь условного прохода входного фланца, см ²	19,6	19,6	78,5	78,5	78,5	78,5
Коэффициент расхода, отнесенный к площади условного прохода входного фланца	0,259	0,259	0,103	0,206	0,103	0,206
Масса, кг	39	35,8	95	95	89,1	89,1

Расчетная пропускная способность регулятора принимается от 10 до 80 % выше полученной при расчете нагрузки на сеть.

Пропускная способность регулятора, выбранного из табл. 7.1, м³/ч, определяется по формуле

$$V_n = 1595 \cdot f \cdot k \cdot \varphi \cdot p_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{\rho_r}}, \quad (7.1)$$

где f — площадь сечения условного прохода входного фланца, см², принимаемая по табл. 7.1;

k — коэффициент расхода, отнесенный к площади условного прохода входного фланца, принимаемый по табл. 7.1;

φ — коэффициент, определяемый по формуле

$$\varphi = \sqrt{\frac{k_o}{k_o - 1} \cdot \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{k_o}} - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k_o + 1}{k_o}} \right]}, \quad (7.2)$$

где $k_a = \frac{c_p}{c_v} = 1,4$ — показатель адиабаты при нормальных условиях ($p \leq 0,013$ МПа; $t = 0$ °С), который равен отношению удельной теплоемкости при постоянном давлении — c_p к удельной теплоемкости при постоянном объеме — c_v ;

P_1, P_2 — абсолютное давление на входе и выходе из ГРП, Па;

ρ_r — плотность газа, кг/м³.

Для устойчивой работы регулятора давления необходимо, чтобы расход газа через него был в интервале от 10 до 85 % от пропускной способности регулятора, т. е.:

$$10 \% \leq \frac{V^{\text{ГРП}}}{V_n} \leq 85 \%, \quad (7.3)$$

где $V^{\text{ГРП}}$ — расход газа, выбранного из проекта ГРП, м³/ч;

V_n — пропускная способность регулятора, выбранного из табл. 7.1.

На основании формулы (7.3) проверяется устойчивость работы выбранного регулятора. Если полученный результат попадает в данное процентное соотношение, то это означает, что регулятор давления работает устойчиво.

Основные технические характеристики регулятора давления газа РДБК приведены в табл. 7.1.

7.2. Выбор газового фильтра

Фильтры газовые предназначены для очистки газа от пыли, ржавчины, смолистых веществ и других твердых частиц.

Для сетчатых фильтров максимально допустимый перепад давления не должен превышать 5 000 Па, для волосяных — 10 000 Па.

Технические характеристики фильтров приведены в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Технические характеристики фильтров

Марка	Пропускная способность (при плотности газа 0,7–0,73 кг/м ³ и указанном давлении в скобках, МПа), м ³ /ч	Максимальное рабочее давление, МПа	Диаметр соединительного патрубка, мм
<i>Сетчатые фильтры</i>			
ФС-25	1 350 (1,2)	1,6	25
ФС-40	1 700 (1,2)	1,6	40
ФС-50	6 500 (1,2)	1,6	50
ФГ-50	7 000 (1,2)	1,6	50
ГФС-16-50	2 100 (1,2)	1,6	50
ГФС-75-50	2 100 (1,2)	7,5	50
ГФС-16-80	5 400 (1,2)	1,6	80
ГФС-75-80	5 400 (1,2)	7,5	80
ГФС-16-100	8 600 (1,2)	1,6	100
ГФС-75-100	8 600 (1,2)	7,5	100
<i>Волосяные фильтры</i>			
ФГ-32М	530	1,6	32
ФГ-7-50-6	7 000 (0,6)	0,6	50
ФГ-9-50-16	9 000 (1,2)	1,2	50
ФГ-15-100-6	15 000 (0,6)	0,6	100

7.3. Выбор предохранительно-запорного клапана

В ГРП для предотвращения недопустимого повышения или понижения выходного давления газа устанавливают быстродействующий предохранительно-запорный клапан (ПЗК).

Настройка ПЗК осуществляется на отклонение выходного давления газа от заданных параметров на 25 %. Основные технические характеристики ПЗК приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3

**Технические характеристики
предохранительно-запорных клапанов**

Тип клапана	Диаметр соединительного патрубка, мм	Максимальное рабочее давление, МПа	Пределы настройки контролируемого давления, МПа		Масса, кг
			Нижний	Верхний	
ПKN-50	50	1,2	0,0003–0,003	0,002–0,06	33,2
ПKN-100	100	1,6	0,0003–0,003	0,002–0,06	72,7
ПKN-200	200	1,6	0,0003–0,003	0,002–0,06	143,3
ПКВ-50	50	1,2	0,003–0,03	0,03–0,65	33,2
ПКВ-100	100	1,6	0,003–0,03	0,03–0,65	72,7
ПКВ-200	200	1,6	0,003–0,03	0,03–0,65	143,2
КПЗ-50Н	50	1,2	0,0003–0,003	0,002–0,06	20
КПЗ-100Н	100	1,2	0,003–0,03	0,03–0,6	36

Примечание: Н — низкое давление; В — среднее и высокое давление.

7.4. Выбор предохранительно-сбросного клапана

Предохранительно-сбросной клапан (ПСК) предназначен для сброса в атмосферу определенного избыточного объема газа из газопровода после регулятора с целью предотвращения повышения давления на выходе из ГРП сверх заданных значений. Настраивается ПСК на повышение выходного давления газа на 15 %. Основные технические характеристики ПСК приведены в табл. 7.4.

Таблица 7.4

**Технические характеристики
предохранительно-сбросных клапанов**

Тип клапана	Диаметр соединительного патрубка, мм	Максимальное рабочее давление, МПа	Пределы настройки контролируемого давления, МПа	Масса, кг
ПСК-50Н/5	50	0,005	0,002–0,005	6,82
ПСК-50С/50	50	0,05	0,02–0,05	6,82
ПСК-50С/125	50	0,125	0,05–0,125	6,82
ПСК-50В/400	50	0,4	0,125–0,4	7,0
КПС-50Н/6	50	0,006	0,002–0,006	5,7
КПС-50С-50	50	0,05	0,02–0,05	5,7
ПСК-32Н/2,3	32	0,0023	0,0023	4
ПСК-32Н/50	32	0,05	0,02–0,05	4

РЕКОМЕНДУЕМАЯ НОРМАТИВНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

1. СНиП 42-101–2002. Газораспределительные системы. М. : Госстрой России, 2003.

2. СП 42-101–2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб. М. : ЗАО «Полимергаз», 2003.

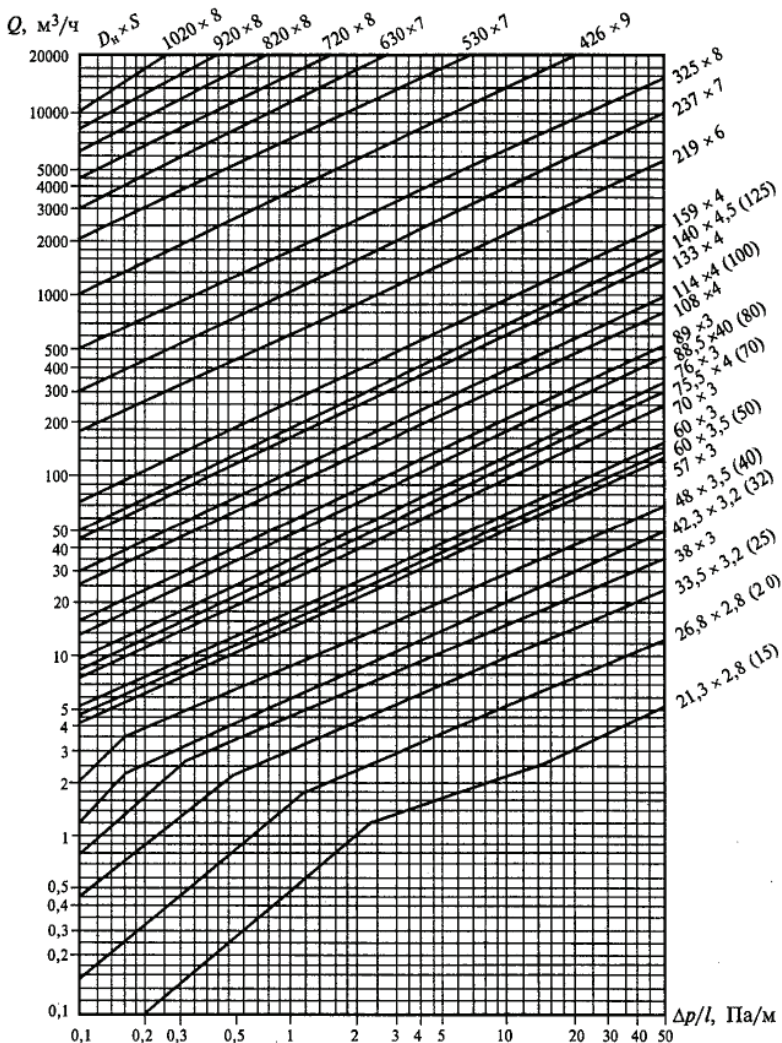
3. СП 42-103–2003. Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов. М. : ЗАО «Полимергаз», 2003.

4. СП 42-12–2004. Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб» М. : ОАО «Росгазификация», 2004.

5. СП 62.13330.2011. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01–2002.

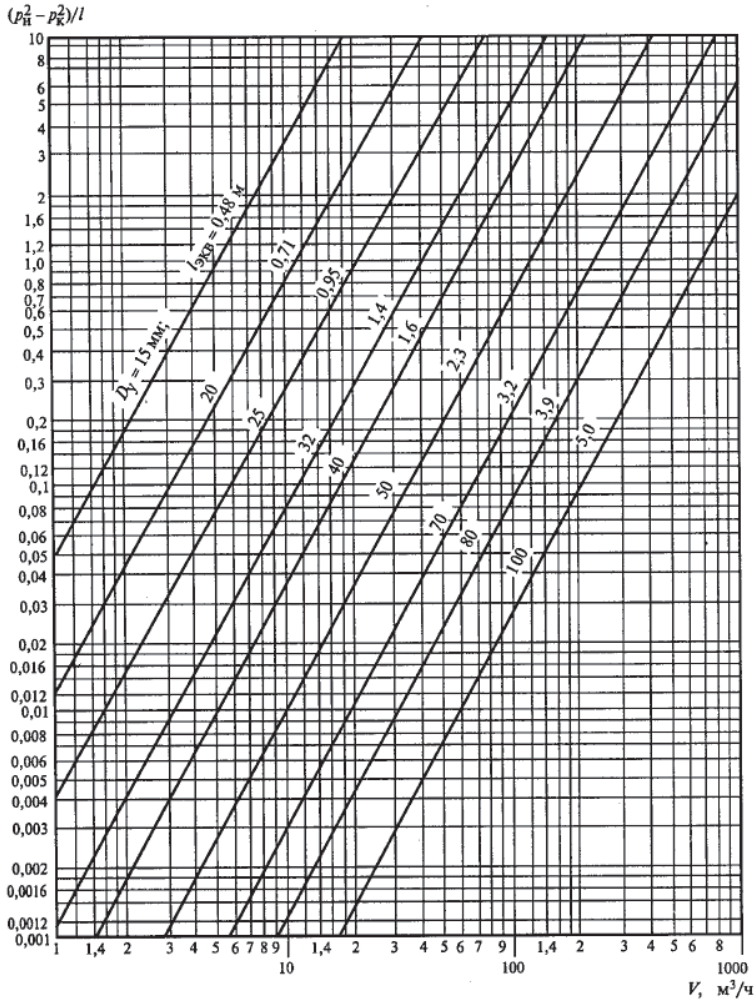
ПРИЛОЖЕНИЯ

Номограмма для определения потерь давления

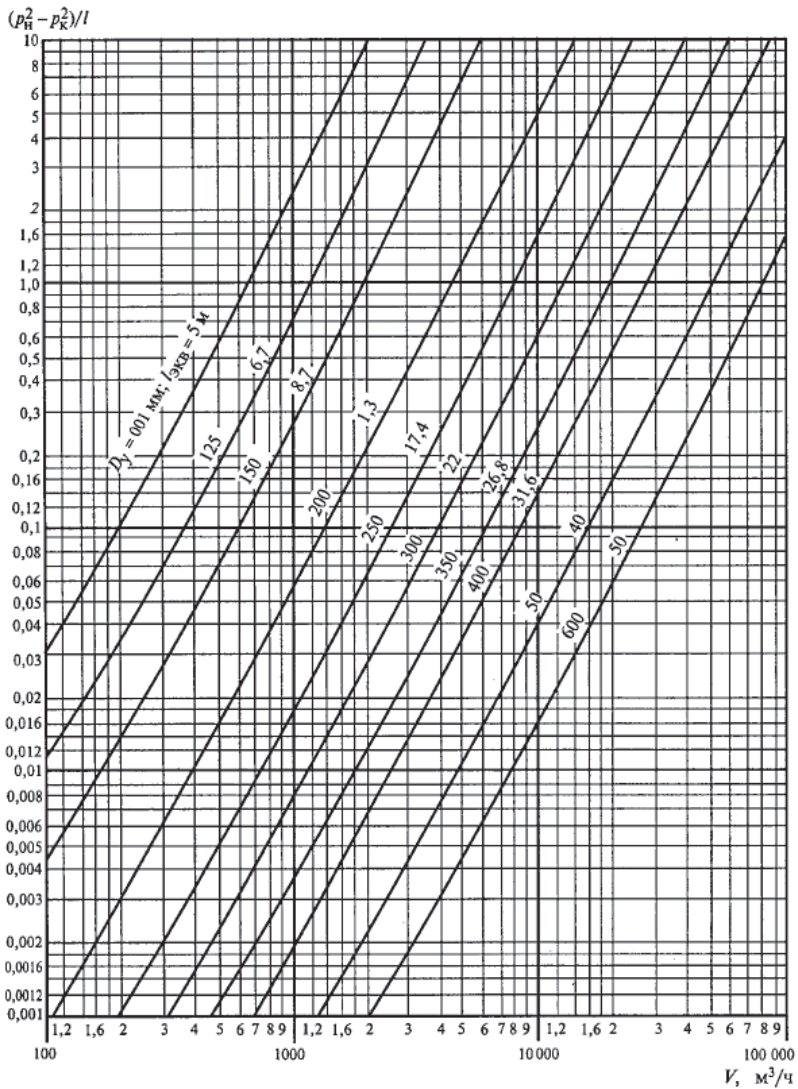


Номограмма для определения потерь давления в газопроводах низкого давления (до 5 кПа) с природным газом ($\rho = 0,73 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\nu = 14,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ при $t = 0^\circ \text{C}$ и давлении 101,3 кПа)

Номограмма для расчета газопроводов
среднего и высокого давления

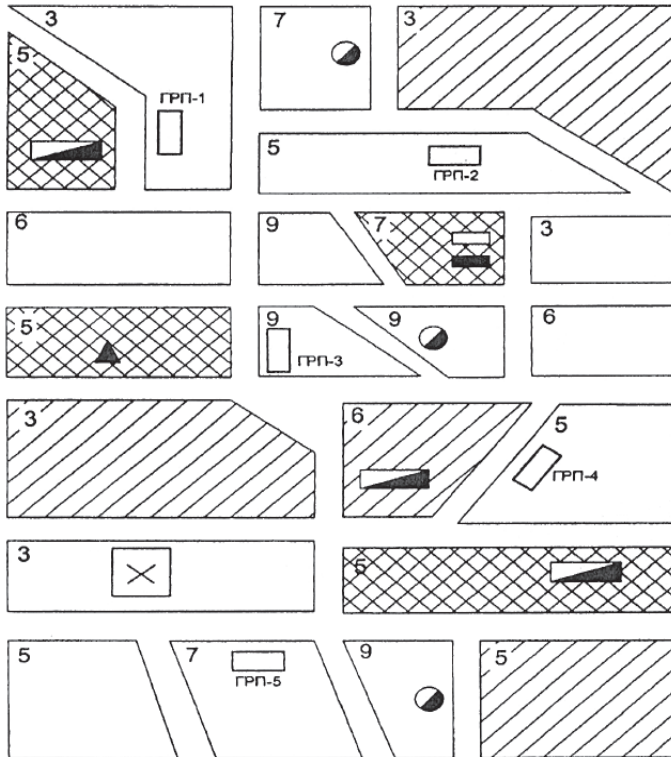


Номограмма для расчета газопроводов среднего и высокого давления
диаметром 15...100 мм при использовании газа с $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$,
 $\nu = 15 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$



Номограмма для расчета газопроводов среднего и высокого давления
 диаметром 100...600 мм при использовании газа с $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$,
 $\nu = 15 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$

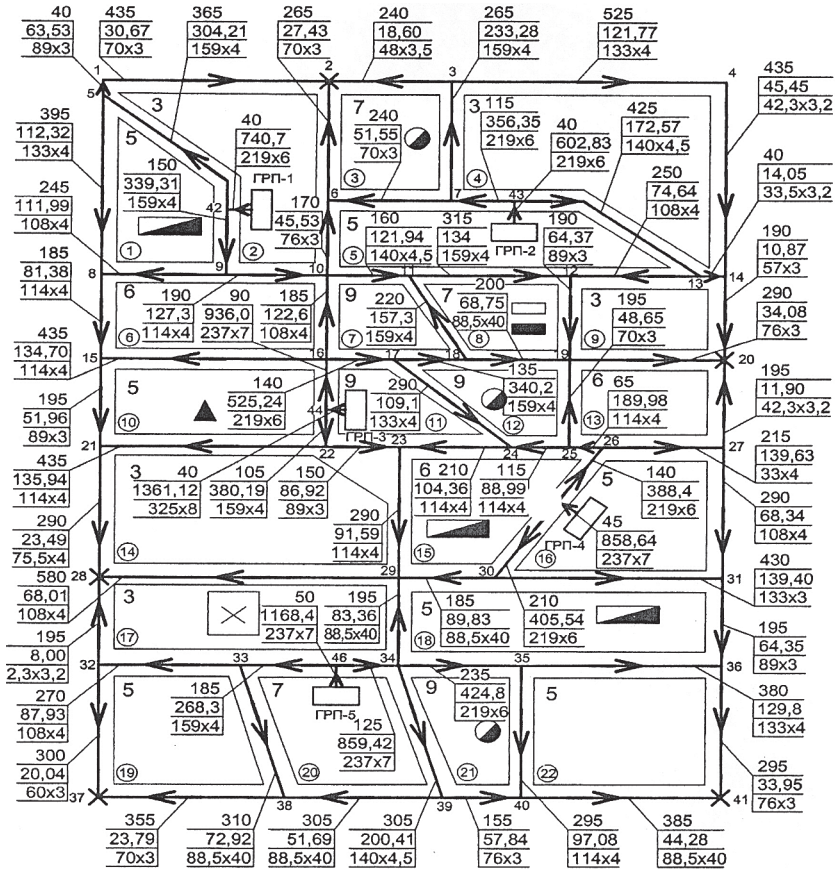
План квартала жилого района
М 1 : 10 000 г. Оренбурга



Условные обозначения:

	Ресторан		Хлебозавод
	Баня		Котельная
	Прачечная		Промпредприятие
	При наличии в квартире газовой плиты и централизованного горячего водоснабжения (тип 1)		
	При наличии в квартире газовой плиты и отсутствии централизованного горячего водоснабжения (тип 2)		
	При наличии в квартире газовой плиты и проточного газового водонагревателя (тип 3)		

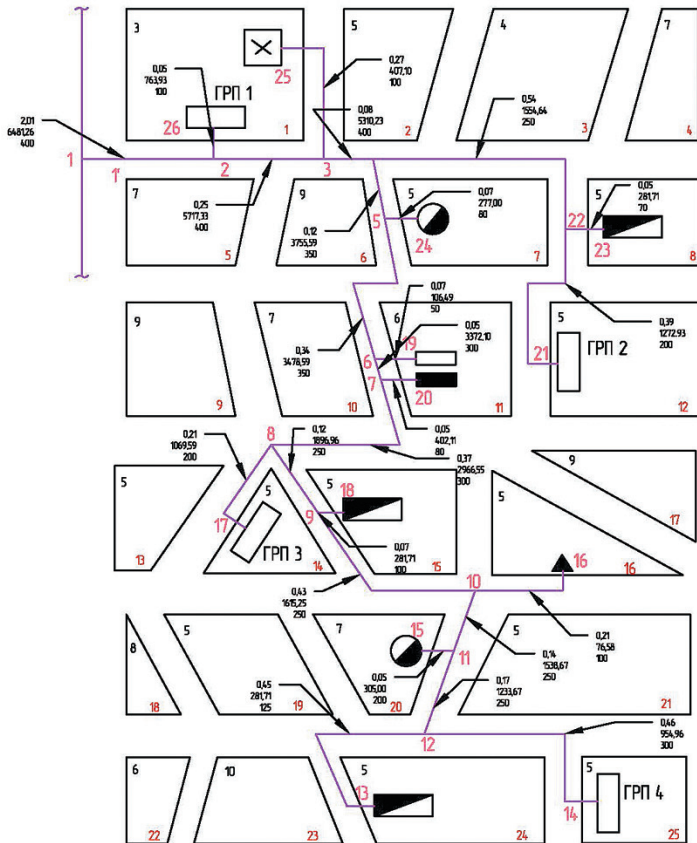
Схема газопровода низкого давления
г. Оренбурга М 1 : 10 000










Условные обозначения:

- 155 Длина участка газопровода, м
- 57,84 Расчетный расход газа на участке газопровода, м³/ч
- 76x3 Диаметр газопровода, мм
- 1—2 Расчетный участок
- ✕ Нулевая точка
- Направление движения газа

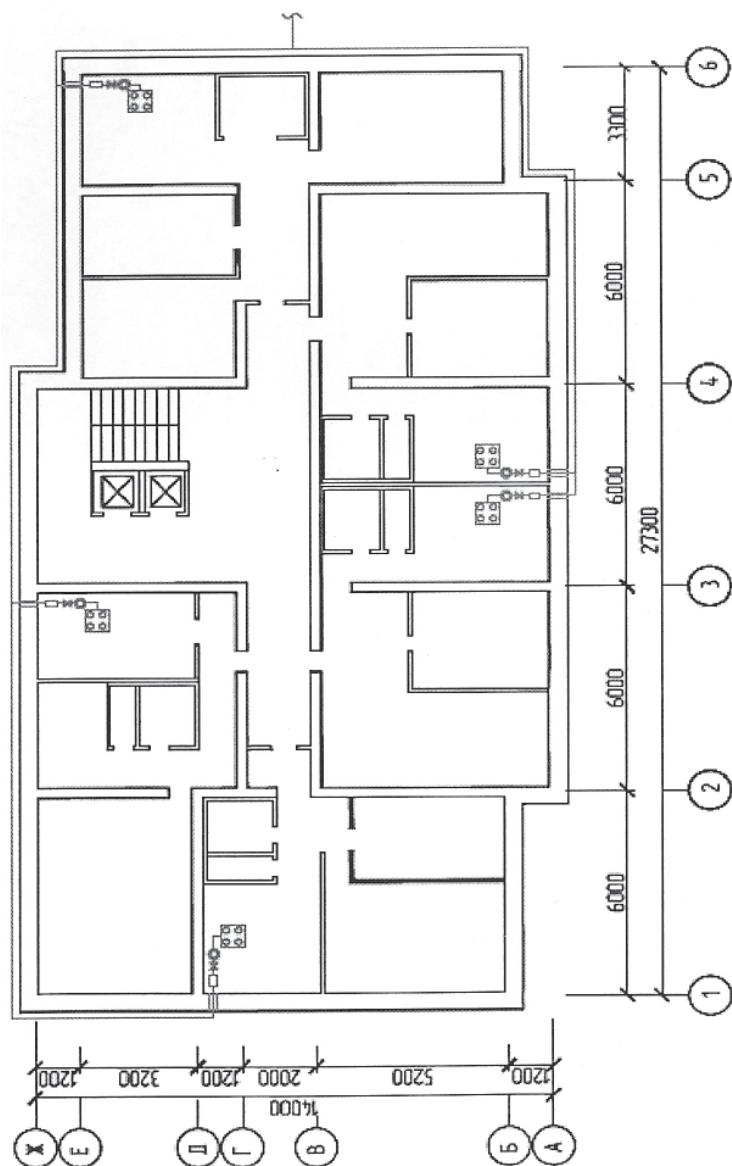
Схема газопровода высокого давления М 1 : 10 000



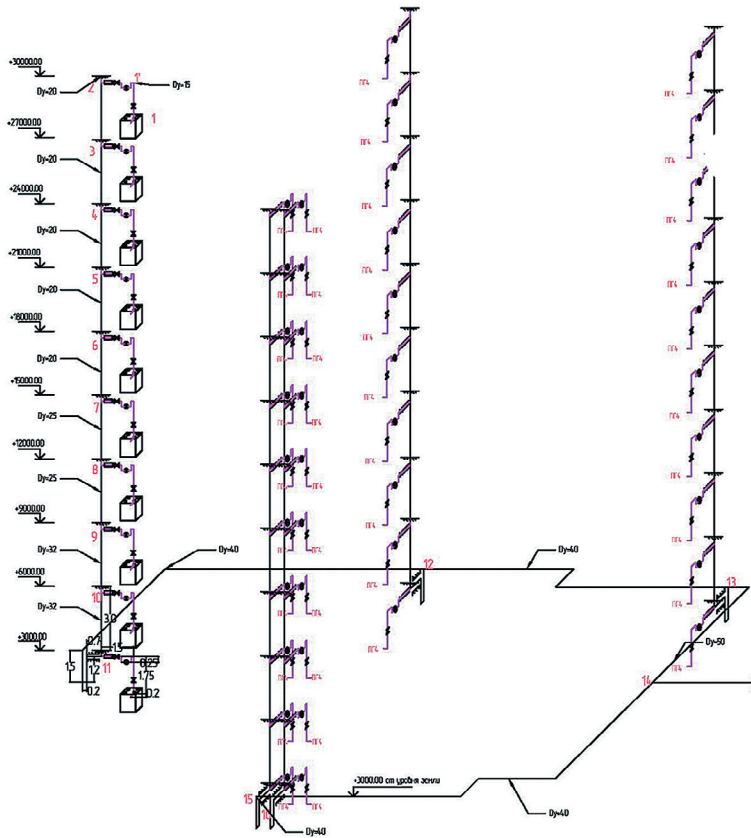
Условные обозначения:

-  Ресторан
-  Промышленное предприятие
-  Котельная
-  Прачечная
-  Баня
-  Хлебозавод
-  Газорегуляторный пункт (ГРП)

План первого этажа (М 1 : 10 000)



АксонOMETрическая схема внутреннего газопровода



Условные обозначения:



Плита газовая четырехконфорочная ПГ4



Клапан термозапорный

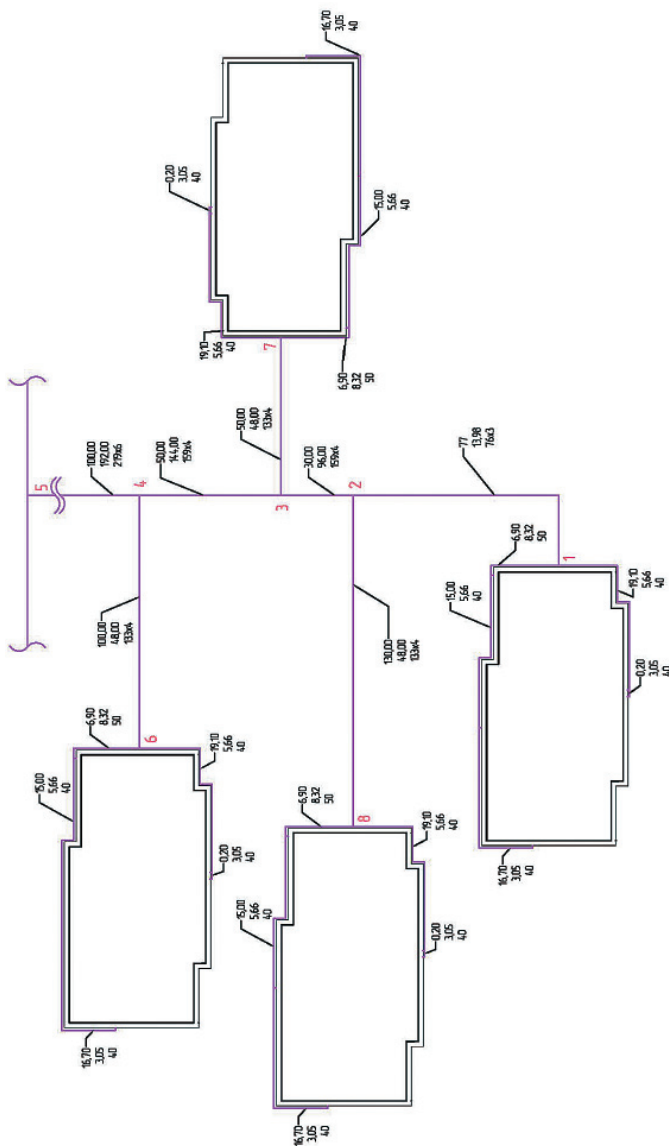


Кран шаровой

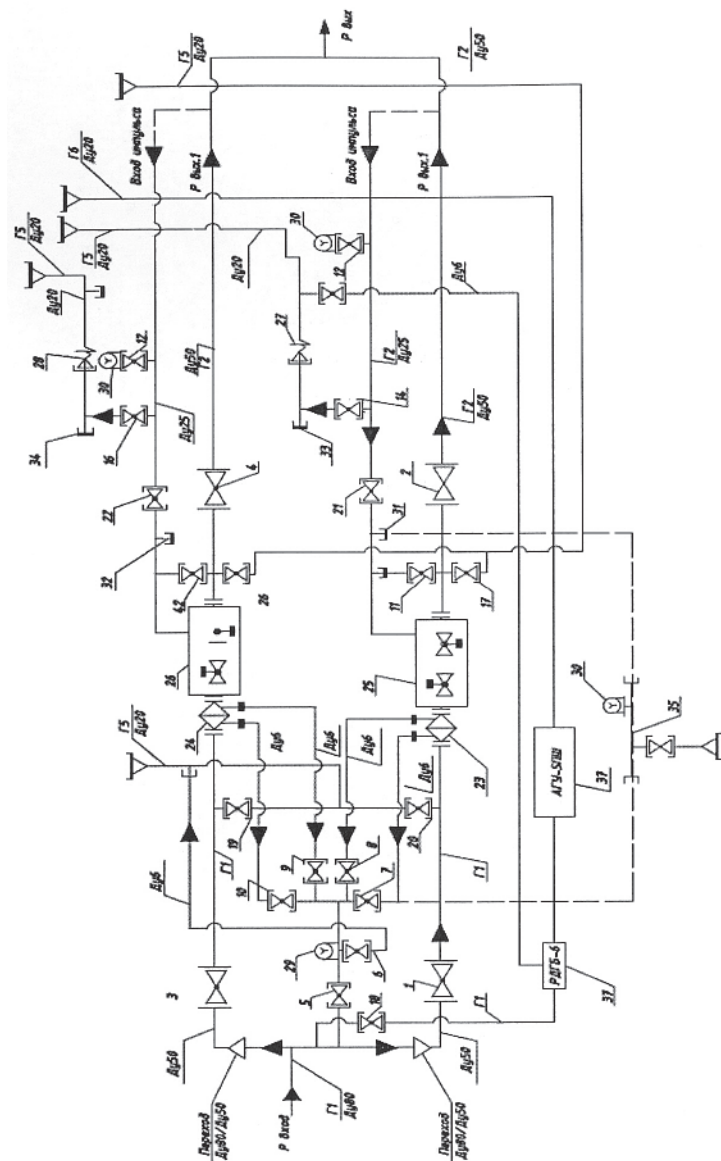


Счетчик газовый

Схема наружного газопровода (М 1 : 500)



Типовая схема ГРПШ 13-2НУ1



Условные обозначения

Обозначения	Наименования
1, 2, 3, 4	Кран шаровой $d_y 50$
5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 42	Кран шаровой $d_y 15$
14, 15, 16, 17, 18, 19, 20	Кран шаровой $d_y 20$
21, 22	Кран шаровой $d_y 25$
23, 24	Фильтр ФГВ-50/6
25, 26	Регулятор РДГ-50Н
27	Клапан предохранительный сбросной ПСК-50Н
28	Предохранительный запорный клапан КПЗ-50С
29	Манометр входного давления
30	Манометр выходного давления
31, 32, 33, 34	Штуцер для подключения приспособления для настройки и контроля регулятора, КПЗ, ПСК (РП 4×1)
35	Приспособление для настройки и контроля регулятора, КПЗ, ПСК
36	Автоматическое газогорелочное устройство АГУ-5ГШ
37	Регулятор РДГБ-6
Г1	Газопровод высокого давления, $p = 0,6$ МПа
Г2	Газопровод среднего давления, $p = 0,04$ МПа
Г3	Газопровод низкого давления, $p = 0,004$ МПа
Г5	Продувочный газопровод
Г6	Дымоход

Учебное издание

Колпакова Наталья Владимировна

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРОДСКИХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Учебно-методическое пособие

Заведующий редакцией *М. А. Овечкина*

Редактор *С. Г. Галинова*

Корректор *С. Г. Галинова*

Компьютерная верстка *Н. Ю. Михайлов*

План выпуска 2017 г. Подписано в печать 01.11.2017.

Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$. Бумага офсетная. Гарнитура Times.

Уч.-изд. л. 3,2. Усл. печ. л. 3,96. Тираж 50 экз. Заказ № 299.

Издательство Уральского университета

620000, Екатеринбург-83, ул. Тургенева, 4

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ

620000, Екатеринбург-83, ул. Тургенева, 4

Тел.: +7 (343) 350-56-64, 358-93-22

Факс: +7 (343) 358-93-06

E-mail: press-urfu@mail.ru

<http://print.urfu.ru>

